UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

FACULTÉ DES SCIENCES

THÈSE

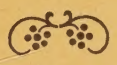
présentée en vue de l'obtention

du Doctorat ès Sciences

par

Madeleine PI - RADONDY

ÉTUDE PALYNOLOGIQUE DES SÉRIES DE CARMAUX (Tarn)



soutenue le 25 novembre 1968 devant la Commission d'Examen

Président : G. MILLOT
Examinateurs : J. DOUBINGER
M. GOUNOT
F. M. BERGOUNIOUX

UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

FACULTÉ DES SCIENCES

THÈSE

présentée en vue de l'obtention

du Doctorat ès Sciences

par

Madeleine PI - RADONDY

ÉTUDE PALYNOLOGIQUE DES SÉRIES DE CARMAUX (Tarn)

soutenue le 25 novembre 1968 devant la Commission d'Examen

Président : G. MILLOT
Examinateurs : J. DOUBINGER
M. GOUNOT
F. M. BERGOUNIOUX

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

LISTE DES PROFESSEURS

DOYEN : Professeur J.H. VIVIEN

DOYENS HONORAIRES : A. KIRRMANN, P. LACROUTE, H.J. MARESQUELLE, G. MILLOT

PROFESSEURS HONORAIRES : P. DE BEAUCHAMP, L. BOISSELET, H. CARTAN, G. CERF, C. CHABAUTY, A. CHRETIEN, J. DENY, Ch. EHRESMANN, M. FRECHET, Mle S. GILLET, A. HEE, R. HOCART, A. KIRRMANN, G. LEMEE, P. L'HERITIER, A. LICHNEROWICZ, L. NEEL, Ch. SADRON, E. TERROINE, R. THIRY, H. VILLAT, H. WEISS, Et. WOLFF, J. YVON.

MAITRE DE CONFERENCES HONORAIRE : R. WEIL

PROFESSEURS :

H.J. MARESQUELLE	T.	Biologie végétale
A. ROUSSEL	T.	Calcul différentiel et intégral et théorie des fonctions
H. FORESTIER	T.	Chimie générale
J. ROTHE	T.	Physique du Globe
P. LACROUTE	T.	Astronomie
J.H. VIVIEN	T.	Zoologie et Embryologie expérimentale
A. MAILLARD	T.	Physicochimie du Pétrole
S. GORODETZKY	T.	Physique générale et Physique nucléaire
L. SACKMANN	T.	Mécanique des Fluides
J. BYE	T.	Chimie Physique
R. LOMBARD	T.	Chimie organique
Mle M. PEREY	T.	Chimie nucléaire
S. GOLDSZAUB	T.	Minéralogie et Pétrographie
P. JOLY	T.	Biologie générale
H. BENOIT	T.	Physicochimie macromoléculaire
P. CUER	T.	Physique générale et physique corpusculaire
G. MILLOT	T.	Géologie et Paléontologie
R. LECOLAZET	T.T.P.	Physique du Globe
H. SAUCIER	T.T.P.	Minéralogie
R. ROHMER	T.	Chimie minérale

Mle A. GAGNIEU	T.T.P.	Botanique
S. NIKITINE	T.	Physique générale
F. STUTINSKY	T.	Physiologie générale
B. WURTZ	T.T.P.	Chimie biologique
J. BRENET	T.	Electrochimie
G. OURISSON	T.T.P.	Chimie
A. COCHE	T.T.P.	Physique nucléaire
R. CERF	T.	Physique générale
J. FRENKEL	T.T.P.	Mathématiques
P. TAGLAND	T.	Physique
J.P. LONGINI	T.T.P.	Physique
A. DELUZARCHE	T.T.P.	Chimie
J.B. DONNET	T.T.P.	Chimie Physique
R. ARMBRUSTER	T.T.P.	Physique
A. ROCHE	T.T.P.	Physique du Globe
L. HIRTH	T.	Microbiologie
A. SIGOT	P.S.C.	Zoologie
J. COGNE	T.T.P.	Géologie
A. FUCHS	T.	Mécanique rationnelle
A. GALLMANN	T.T.P.	Physique
P. MIALHE	T.T.P.	Physiologie animale
J.P. EREL	T.	Chimie biologique
J. PARROD	T.T.P.	Chimie
R. WEY	T.T.P.	Chimie
Mme D. MAGNAC	T.T.P.	Physique
M. DAUNE	P.S.C.	Physique
J.P. ADLOFF	T.T.P.	Chimie nucléaire
D. BERNARD	T.T.P.	Méthodes mathématiques de la physique
M. ZISMAN	T.T.P.	Mathématiques
E. DANIEL	T.	Physique expérimentale
P. CHEVALLIER	T.	Physique
J. GREMILLARD	T.T.P.	Mécanique des Fluides
P. CARTIER	T.	Mathématiques
G. REEB	T.	Topologie
F. NORGUET	T.	Analyse supérieure
R. CHAUVIN	T.	Psychophysiologie
J. WUCHER	P.S.C.	Physique
Mme M. BRINI	P.S.C.	Chimie
G. PERNY	P.S.C.	Physique
R. BARO	P.S.C.	Physique
H. DURANTON	P.S.C.	Botanique
R. WEISS	T.T.P.	Chimie
P. FEDERLIN	T.T.P.	Chimie
J. LERAY	P.S.C.	Physique
J.P. SCHWING	P.S.C.	Chimie
M. SIESKIND	P.S.C.	Physique
G. MONSONEGO	T.	Physique théorique
P. GABRIEL	T.T.P.	Mathématiques
C. WIPPLER	T.	Physicochimie des Hauts Polymères industriels

P.A. MEYER ..... T.T.P.Mathématiques
G. WEILL ..... P.S.C.Physique
J.M. BLOCH ..... T. Chimie
A. CLAUSS ..... P.S.C.Chimie
E. FOLLENIUS ..... P.S.C.Zoologie
J. LUCAS ..... P.S.C.Géologie
G. GLAESER ..... T. Mathématiques
J.J. THIEBOLD ..... P.S.C.Biologie animale
J.H. WEIL ..... P.S.C.Chimie biologique
D. FOATA ..... P.S.C.Mathématiques

PROFESSEURS ASSOCIES

S.R. DE GROOT ..... Physique

R. MARCHESSAULT ..... Physicochimie macromoléculaire
G. LUMER ..... Mathématiques
R. MORIARTY ..... Chimie organique
J. AUSLANDER ..... Physique corpusculaire

MAITRES DE CONFERENCES

H. DANAN ..... Physique
Mme WINTER Ch. ..... Physique
J.P. EBERHART ..... Minéralogie
Mme D. CAGNIANT ..... Chimie
X. FERNIQUE ..... Mathématiques
J. STREITH ..... Chimie
F. GAUTIER ..... Physique propédeutique
G. SUTTER ..... Physique électronique
J.L. VERDIER ..... Mathématiques
J.M. LEHN ..... Chimie
Cl. ROBERT ..... Physique
Mr LACROUTE ..... Biologie végétale
M. GOUNOT ..... Botanique
J. PRADINES ..... Mathématiques
A. GIRARDIE ..... Biologie animale
F. BECKER ..... Physique mathématique
J. DEHAND ..... Chimie minérale
Cl. GODBILLON ..... Mathématiques
M. KAROUBI ..... Mathématiques
A. MIGNOT ..... Mathématiques appliquées

MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES

V. AVANISSIAN ..... Mathématiques

SECRETAIRE : G. SAINT-PE

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547012_0012

A V A N T P R O P O S

Au début de ce mémoire, je veux assurer tout particulièrement de ma gratitude, Mademoiselle J. DOUBINGER, Maître de Recherches au laboratoire de Palynologie de l'Institut de Géologie et de Paléontologie de l'Université de Strasbourg ; elle a guidé mon travail et m'a fait profiter de sa compétence, sans se départir de son attitude encourageante et amicale.

Je me dois de rendre hommage au R.P. BERGOUNIOUX, Directeur de Recherches au laboratoire de Géologie et de Paléontologie de l'Institut Catholique de Toulouse, qui se trouve à l'origine de cette étude du bassin de Carmaux.

Je tiens à témoigner ma reconnaissance à Monsieur le Doyen G. MILLOT ; il a facilité grandement ma tache, en me permettant de travailler au laboratoire de Palynologie de l'Institut de Géologie et de Paléontologie de Strasbourg, où j'ai toujours été reçue avec bienveillance.

Je dois également remercier :

la Direction des usines de Carmaux qui a bien voulu fournir la plupart des échantillons,

Monsieur P. VETTER, qui s'est chargé de recueillir, de classer et d'expédier les prélèvements,

Madame C. ADLOFF, pour son aide matérielle au laboratoire de Palynologie à Strasbourg,

Monsieur RABINOVITCH, Directeur du C.S.U. de Perpignan, pour l'accueil qu'il m'a réservé, mettant à ma disposition les divers services de ce centre,

Madame DUBOUL-RAZAVET, Professeur de Géologie au C.S.U. de Perpignan, pour l'aide précieuse qu'elle m'a accordée et pour ses conseils pratiques,

Monsieur GRAMBAST, Professeur de Paléobotanique à la Faculté de Montpellier, pour la documentation qu'il a bien voulu me fournir.

Enfin, je n'oublierai pas Monsieur M. GOUNOT, Maître de Conférences à l'Institut de Botanique de l'Université de Strasbourg, qui a accepté de faire partie de mon jury.

S O M M A I R E

Pages

INTRODUCTION 1

CHAPITRE I - METHODE D'OBTENTION DES PREPARATIONS 5

I - MICROSPORES 5

II - MEGASPORES ET CUTICULES 7

CHAPITRE II - DESCRIPTION DES SPORES ET DES TISSUS FOSSILES DISPERSES OBSERVES DANS LA HOUILLE ET LES FORMATIONS STERILES DU BASSIN HOUILLER DE CARMAUX 8

I - MICROSPORES ET MEGASPORES 8

II - CUTICULES 85

CHAPITRE III - ETUDE STATISTIQUE 87

I - METHODE DE TRAVAIL 87

II - SIMILITUDE DE LA COMPOSITION PALYNOLOGIQUE DES VEINES DE CHARBON POUR L'ENSEMBLE DU BASSIN DE CARMAUX 92

III - VARIATIONS LIEES A L'AGE DES TERRAINS DANS L'ENSEMBLE DU BASSIN DE CARMAUX 92

IV - ETUDE DES VARIATIONS LIEES AU FACIES 102

V - ETUDE D'ENSEMBLE DES COMPOSITIONS PALYNOLOGIQUES DES VEINES DE CHARBON, DES MURS, DES NIVEAUX STERILES INTERCALAIRES, DES TOITS ET CONCLUSIONS QUI EN DECOULENT 144

VI - CAS DES MEGASPORES 147

VII - ETUDE COMPAREE DE QUELQUES COMPLEXES PALYNOLOGIQUES STEPHANIENS 149

CONCLUSION 161

BIBLIOGRAPHIE 166

I N T R O D U C T I O N

Nous avons essayé de réaliser dans ce travail, une étude palynologique des niveaux productifs et des niveaux stériles du bassin de Carmaux. (Voir cartes: fig. 1)

Ce bassin est situé au Sud-Ouest du Massif Central. Il occupe une dépression de direction Nord-Sud ; il a environ 10km de long et 3km de large, sa superficie étant de 20 à 25km carrés.

Les terrains houillers de 500 à 600m d'épaisseur reposent sur un socle d'amphibolites ; ces roches ont été étudiées en détail par THIEBAUT et VETTER (1960) ; le bassin est limité au Nord et à l'Est par des failles et se trouve de ce fait au contact des micaschistes. A l'Ouest, des conglomérats limitent les travaux d'exploitation ; ces conglomérats sont en discordance sur la série houillère ; ils sont attribués au Permien, sans être toutefois datés avec précision.

La région est recouverte par des dépôts tertiaires de 70 à 150m d'épaisseur. Cependant, au Nord du bassin, une rivière, le Cérou a creusé son lit dans la couverture, puis dans le houiller, mettant à jour des affleurements de charbons ; l'exploitation s'est développée vers le Sud à partir de ces affleurements.

Le bassin de Carmaux a été étudié du point de vue géologique par BOISSE (1870), cet auteur a établi une liste de fossiles déterminés par BROGNIART. Une étude plus complète a été réalisée par BERGERON (1887-1889), LAROMIGUERES (1891) et GRAND (1904-1913) ; en 1927 LOUBIERE attribue la série de Cagnac au Wesphalien, en 1942 PRUVOST dégage dans un rapport inédit les grands traits de la structure du bassin. Dans une annexe du même rapport de LAPPARENT donne les résultats de l'examen microscopique des roches de base du Houiller de Carmaux, alors que BERTRAND dresse la liste des plantes fossiles. Plus récemment DOUBINGER et VETTER (1958) ont repris l'étude paléobotanique, ce qui avait permis jusqu'à présent de placer Carmaux dans le Stéphanien A.

Nous avons réalisé très en détail une étude palynologique, qui avait seulement été amorcée pour quelques couches par DOUBINGER (1962) et par DOUBINGER et RAUSCHER (1964). Cette étude

de détail porte sur 29 couches au total, diversement réparties.

En effet, les géologues distinguent à Carmaux trois séries de veines, situées dans différents secteurs (fig. I : carte et détail) :

Grillatié
Tronquié
Sainte Marie
Cagnac

Les veines inférieures J, I, H, G couvrent toute la surface du bassin.

La région centrale et le Nord possèdent les veines E, F, D, D du toit, C, C du mur, C du toit, B, B du toit, A.

Les secteurs Grillatié-Tronquié, les veines supérieures V, IV, III, II, I, O.

Le bassin de Cagnac comprend les veines Marguerite, Grande couche du mur, Grande couche du toit, Marmottan, Henriette, Petit Jean. Ces veines correspondent pour certaines d'entre elles aux veines J, I, G.

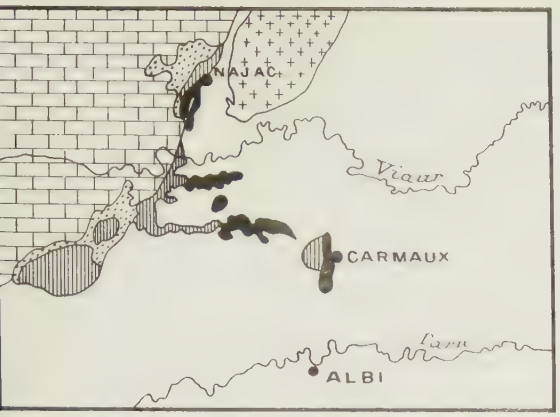
Vetter a pu les raccorder grâce à la présence de tonstein (voir fig. 2 d'après VETTER (1962).) On est donc surpris de voir des noms différents à ces veines, mais pendant longtemps le bassin de Cagnac a été considéré comme différent de celui de Carmaux. On arrêtait le bassin de Carmaux proprement dit, à une remontée brutale des amphibolites appelée improprement "horst de Lentin". A l'heure actuelle, Cagnac est le quatrième siège au Sud du bassin de Carmaux, isolé il est vrai des autres par le "horst". Bien qu'on ait pu raccorder les couches il conserve de par son isolement une certaine individualité.

Il reste encore à signaler que les failles ayant affecté le Houiller, ont également affecté le socle, qui a participé à une tectonique cassante Stéphanienne ou post-Stéphanienne (THIEBAUT et VETTER - 1960).

Dans notre étude, nous considérerons donc deux groupes de veines : celles situées au Nord du "horst", que nous grouperons sous le nom de Carmaux-Nord, celles situées au Sud du "horst" ou Carmaux Sud (fig. I). Au total 21 veines pour le Nord, dont 17 ont été étudiées et 7 pour le Sud, dont 4 étudiées. Les veines qui n'ont pas été vues n'ont pas encore été exploitées, certaines même ne le seront jamais car elles ne présentent que peu d'intérêt commercial étant trop minces ou trop fragmentées, telles par exemple les veines I et O. Elles ne pourront donc faire l'objet d'une étude par manque d'échantillon.

BASSIN HOUILLER DE CARMAUX

Plan d'Ensemble



Echelle

0 10 20 30 40 Km

- LEGENDE -

JURASSIQUE
STEPHANIEN
TRIAS
GRANITE
SAXONIEN
MICACHISTES
AUTUNIEN

- LEGENDE -

Faille

Puits

Echelle

0 1 2 km

Fig. 1

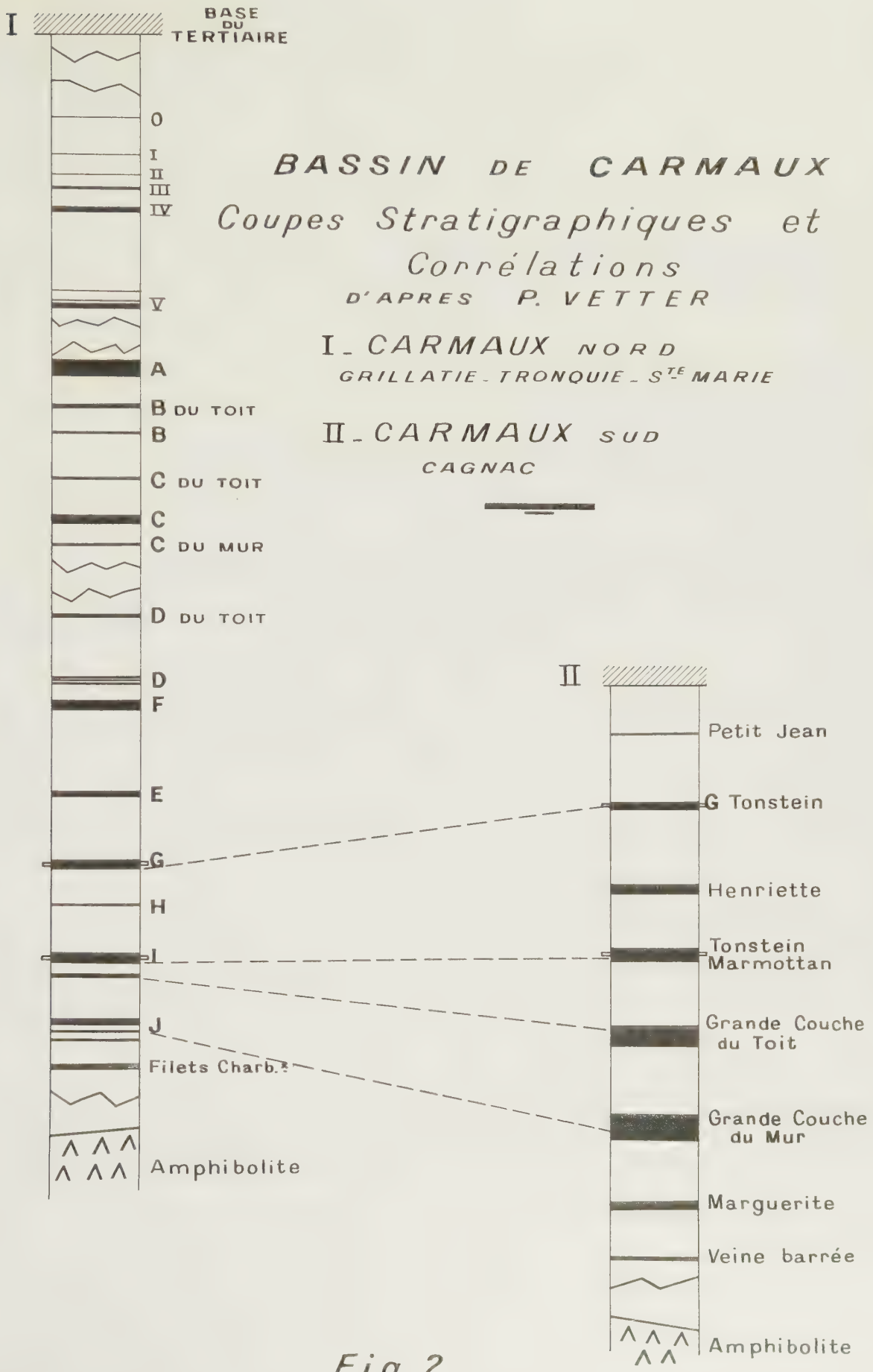

I
BASE DU TERTIAIRE
0
I
II
III
IV
V
A
B DU TOIT
B
C DU TOIT
C
C DU MUR
D DU TOIT
D
F
E
G
H
I
J
Filets Charb.s
Amphibolite
BASSIN DE CARMAUX
Coupes Stratigraphiques et Corrélations
D'APRES P. VETTER
I - CARMAUX NORD
GRILLATIE - TRONQUIE - STE MARIE
II - CARMAUX SUD
CAGNAC
II
Petit Jean
G Tonstein
Henriette
Tonstein Marmottan
Grande Couche du Toit
Grande Couche du Mur
Marguerite
Veine barrée
Amphibolite

Fig. 2

Les veines étudiées sont les veines Marguerite, Grande couche du mur, Grande couche du toit, Marmottan pour la partie Sud, J, I, G, H, E, F, D, D du toit, C du mur, C, C du toit, B, B du toit, A, V, IV, III, II pour la partie Nord.

Ce travail comprend une partie de systématique et une partie portant sur les résultats statistiques.

Après avoir exposé les méthodes permettant d'isoler les spores, nous avons décrit les principales espèces observées dont certaines sont d'ailleurs particulières au bassin de Carmaux ; le cas échéant, les affinités botaniques des spores dispersées, ont été mentionnées.

Puis ont été abordés les problèmes posés par les variations qualitatives et quantitatives des différents genres de spores.

Certaines variations sont apparues liées à l'âge des terrains et nous ont amenés à diviser stratigraphiquement le bassin en deux zones principales d'âge différent.

En présence de ces résultats, DOUBINGER (1965) a examiné les échantillons de végétaux fossiles récemment récoltés, en particulier ceux prélevés dans les veines supérieures, ce qui a permis d'établir que les zones déterminées palynologiquement, correspondaient à une division stratigraphique réelle.

Notre travail a donc confirmé ce qui était connu, mais de plus il a permis d'établir une stratigraphie plus fine, mettant en évidence à Carmaux la présence de Stéphanien B, succédant sans solution de continuité, au Stéphanien A.

D'autres variations ont montré qu'elles étaient en étroite relation avec les faciès dans les charbons et dans les niveaux stériles.

Enfin, ces différentes données nous ont incités à comparer les complexes palynologiques mis en évidence dans le Houiller de Carmaux (charbons et stériles), à ceux obtenus pour quelques bassins houillers réputés d'âge Stéphanien : Bassins de Saint Perdoux, de Decazeville, de Cruejouls, d'Epinac les Mines, de Surroca (Espagne), de la Sarre et des Vosges.

Ces comparaisons se sont averées fructueuses, soit qu'elles viennent recouper les résultats obtenus par les méthodes paléobotaniques, soit au contraire qu'elles mettent en lumière des détails encore à préciser. Elles ont également permis de tester la valeur des résultats obtenus pour Carmaux.

Il faut également ajouter, que dans les descriptions

spécifiques, quelques genres ou quelques espèces de spores provenant de ces bassins ont été mentionnés, quand cela permettait une mise au point intéressante.

C H A P I T R E I

METHODE D'OBTENTION DES PREPARATIONS

L'étude palynologique suppose l'isolement préalable des spores, c'est-à-dire leur séparation de la gangue organique ou minérale qui les enrobe.

Le traitement diffère suivant qu'on désire isoler des microspores ou des mégaspores, suivant également que la roche traitée est un charbon ou un stérile.

I - MICROSPORES

1°/ Traitement des charbons.

Le charbon subit d'abord un traitement mécanique : Il est broyé et passé au tamis n° 14 dont les mailles mesurent 1480 µ, puis au tamis n° 25 (750µ) ; nous ne conservons que le refus du second tamis, c'est-à-dire les grains de charbon dont le diamètre est compris entre 750 et 1480 µ. On met de côté tout de même les grains plus fins du dernier tamisage inférieurs à 750 µ dans le cas où la macération des grains précédemment prélevés n'aboutirait pas.

Puis, a lieu le traitement chimique.

La méthode employée est la méthode de Schulze devenue classique. Cependant elle a dû être adaptée car les charbons de Carmaux présentent deux particularités ; d'une part les résidus ligneux sont très abondants, d'autre part la teneur en matières volatiles est très variable. Or, s'il y a moins de 20 % de matières volatiles, il est impossible d'extraire des spores, et la houille très riche en carbone devient très souvent anthraciteuse.

C'est ainsi que les veines supérieures, II par exemple, sont plus pauvres en matières volatiles et donnent difficilement de bons résultats, au contraire les veines inférieures, Marmottan par exemple, contenant jusqu'à 35 % de matières volatiles, permettent l'isolement de belles spores.

On peut d'ailleurs observer des variations latérales de la teneur en matières volatiles dans une même veine.

On utilise donc le mélange de Schulze, mais on fait changer les temps d'attaque suivant les cas et on modifie les proportions des composants. Les chiffres énoncés ne sont donc pas impératifs.

On dispose dans un bécher 3 gr. de charbon ; on ajoute 6 gr. de chlorate de potassium ; on recouvre par de l'acide nitrique concentré. Si la réaction est trop violente, on place le bécher dans un bac d'eau froide. Quand le résidu prend un aspect brunâtre, l'oxydation est suffisante. On lave trois fois à l'eau ; on ajoute ensuite de la potasse à 15 %. On laisse agir pendant deux jours. Le troisième jour on lave plusieurs fois à l'eau en laissant sédimenter jusqu'à ce que le surnageant soit limpide.

On tamise au tamis n° 120 (140 µ) sous jet d'eau, les microspores passent donc. On centrifuge.

On prélève le culot, on y ajoute de l'eau. Les spores se déposent à peu près en une heure. On répète l'opération plusieurs fois jusqu'à ce que le surnageant soit limpide. En dernier lieu, on peut utiliser l'alcool.

Le montage s'effectue en prélevant 4 ou 5 gouttes du culot dans un verre de montre. On ajoute de la glycérine gélatinée rendue liquide par chauffage, on mélange soigneusement. On dépose une goutte du mélange sur une lame. On recouvre d'une lamelle. On lutte au vernis.

2°/ Traitement des stériles.-

Pour les stériles le broyage est réalisé de la même façon mais le premier tamisage s'effectue au tamis n° 18 (1090 µ).

S'il s'agit de stériles schisteux on doit éliminer au préalable les composants siliceux :

On verse avec précaution de l'acide fluorhydrique concentré de façon à recouvrir parfaitement le sédiment. On laisse reposer 24 heures ou plus en agitant de temps en temps. On obtient ainsi des fluorures de silicium solubles en milieu très acide.

On procède ensuite à une deuxième attaque de deux jours par l'acide fluorhydrique ; on traite à nouveau à l'acide chlorhydrique pour solubiliser les fluorures s'il en reste. On soumet alors au traitement chloro-nitrique.

Les stériles calcaires sont traités à l'acide chlorhydrique :

On ajoute d'abord de l'acide dilué (10 à 25 %), puis en fin de réaction de l'acide concentré qui indique si tous les carbonates sont dissous. On peut chauffer légèrement dans le cas de carbonates de fer.

Ces divers traitements nous ont permis d'obtenir des microspores, c'est-à-dire des spores et des pollen dont les dimensions sont inférieures à 200 µ .

Certaines petites mégaspores vont se retrouver dans ces montages ; de même les plus grosses microspores auront été retenues sur le dernier tamis dont le contenu a été examiné pour certaines veines, H et Marmottan en particulier.

Nous avons aussi trouvé des cuticules par cette méthode. Cependant, nous avons également employé des méthodes plus adaptées à leur recherche.

II - MEGASPORES ET CUTICULES.

On obtient des mégaspores et des cuticules en traitant des charbons par la méthode précédente, mais en attaquant des grains de 2 à 3 mm au lieu de 750 à 1480 µ.

Toutefois les mégaspores sont habituellement isolées par la méthode de ZETSCHE. F. de TOSECQ (1966) a pu, en l'adaptant, obtenir de bons résultats en particulier pour les charbons à teneur en matières volatiles plus faible, environ 22 % (veine F par exemple). De plus, l'attaque plus brutale obtenue par cette dernière méthode peut permettre d'isoler des microspores, toujours dans le cas de charbon dont la teneur en matières volatiles se situe aux environs de 22 %.

Les différentes méthodes d'obtention de spores nous ont donc permis d'isoler successivement des microspores et des mégaspores spécifiquement assez variées ainsi que des cuticules.

C'est par leur description que nous amorcerons l'étude palynologique des charbons et des stériles du bassin de Carmaux et de quelques bassins houillers du même âge.

C H A P I T R E II

DESCRIPTION DES SPORES ET DES TISSUS FOSSILES DISPERSES OBSERVES DANS LA HOUILLE ET LES FORMATIONS STERILES DE CARMAUX

(1)

I - MICROSPORES ET MEGASPORES

Les spores et pollen, microspores et mégaspores, sont décrits suivant l'ordre de la classification de POTONIE et KREMP (1955-1956), modifié par ALPERN (1959) ; nous mentionnerons après la description de chaque genre, les affinités botaniques quand elles sont connues.

Nous ne donnons pas la liste complète des synonymes de chaque espèce, mais seulement les références ayant servi à la détermination.

Il est à noter qu'une plus grande importance a été donnée aux microspores, les mégaspores étant étudiées uniquement pour donner un aperçu plus complet des micro-fossiles de la houille.

(1) Il sera fait mention de quelques formes observées dans les terrains de bassins voisins de même âge.

SPORONITES (R. POTONIE) IBRAHIM 1933

Genre Sporonites. Ibrahim 1933

Espèce-type : Sporonites. sp. Ibr. 1933

Ce genre possède des formes rondes mesurant 35 microns de diamètre ; l'exine est infragranuleuse ; il n'y a pas de marque trilète visible.

Sporonites sp.

Pl. 1 fig. 1

Cette spore est de forme ronde et mesure 34 µ de diamètre ; l'exine est infragranuleuse ; la marque trilète n'est pas visible.

SPORITES (H. POTONIE) 1893

Triletes (REINDCH) POTONIE et KREMP 1954

Azonotriletes LUBER 1935

Genre Leïotriletes (NAOUMOVA) POTONIE et KREMP 1954

Espèce-type : L. sphaerotriangulus (LOOSE) POTONIE et KREMP 1954

Ce genre groupe des spores triangulaires concaves ou convexes à sommets arrondis ; l'exine est lisse, infraponctuée ou infragranulée ; les branches de la marque triradiée sont plus grandes que la moitié du rayon de la spore.

Plusieurs espèces se rapportant à ce genre ont pu être identifiées dans les échantillons étudiés :

Leïotriletes adnatoïdes POTONIE et KREMP

Pl. 1 fig. 2

1955 Leïotriletes adnatoïdes POTONIE et KREMP
p. 38, pl. 11, fig. 115

1959 Leïotriletes adnatoïdes POTONIE et KREMP in ALPERN
p. 140, pl. 1, fig. 13

Les spores attribuées à cette espèce mesurent de 45 à 50 microns. Leur forme est triangulaire convexe. Leur exine est lisse. La pyramide proximale est très marquée. Les branches de la marque triradiée atteignent les trois quarts de la longueur de la spore.

Leïotriletes convexus KOS.
Pl. 1 fig. 3

1950 Granulatisporites convexus KOSANKE
p. 20, pl. 3, fig.6

1950 Planisporites deltoïdes (IBRAHIM) KNOX
p. 315, pl. 17, fig. 216

1955 Leïotriletes convexus KOSANKE in POTONIE
p. 39, pl.11,fig 110

1959 Leïotriletes convexus KOS., in ALPERN
p. 140, pl. 1,fig. 19-20.

Les spores attribués à cette espèce mesurent de 60 à 80 microns. Leur forme est triangulaire convexe. Leurs sommets sont arrondis et peuvent être légèrement épaissis. L'exine est opaque et porte des épaississements irréguliers. La marque triradiée est nette ; ses branches sont égales aux trois quarts de la longueur du rayon de la spore.

Leïotriletes gulaferus POTONIE et KREMP
Pl. 1 fig. 4 t 5

1955 Leïotriletes gulaferus POTONIE et KREMP
p. 40, pl. 1A,fig. 116-118

1959 Leïotriletes gulaferus POTONIE et KREMP in ALPERN
p. 140, pl. 1,fig. 15-16.

Ceste spore mesure 60 microns dans sa plus grande dimension ; sa forme est arrondie, légèrement triangulaire convexe. L'exine est infraponctuée et plissée ; le pli entoure une des branches de la marque triradiée ; ces dernières ont des dimensions comprises entre le tiers ou la moitié du rayon de la spore.

Leïotriletes sphaerotriangularis (LOOSE) POTONIE et KREMP
Pl. 1 fig. 6

1932 Sporonites sphaerotriangulus LOOSE in POTONIE et IBRAHIM et LOOSE
pl. 18, fig. 45

1955 Leïotriletes sphaerotriangulus LOOSE in POTONIE et KREMP
p. 41, pl. 11, fig. 109.

Les spores attribuées à cette espèce ont une forme triangulaire concave, des sommets arrondis, une pyramide proximale marquée ; l'exine est lisse ; la longueur des branches de la marque triradiée est sensiblement égale au rayon de la spore ; les spores mesurent environ 45 microns dans leur plus grande dimension.

Affinités botaniques

Des formes du genre Leïotriletes ont été signalées par W. et R. REMY en 1957 chez Renaultia sp. (Primofilices) et par KNOX en 1938 chez Boweria minor KIDST. (Marrattiales). De plus, on connait des formes présentant les caractères de L. sphaero-triangulus. Elles ont été trouvées par W. et R. REMY en 1957 chez Oligocarpia cliv eri POT.

Des formes ayant les caractères de l'espèce Leïotriletes gulaferus ont été signalées chez Oligocarpia gutbieri POT. (Gleicheniacées) par KIDSTON en 1923, ABBOTT en 1954 et W. et R. REMY en 1957. De plus, W. et R. REMY les signalent en 1957 chez Discopteris schumanni STUR. (Marattiales).

Genre Punctatisporites (IBRAHIM) POTONIE et KREMP 1954

Espèce-type : P. punctatus IBRAHIM 1933

Ce genre groupe des spores plus ou moins rondes à exine infra-réticulée ou infraponctuée. La marque triradiée est assez grande ; ses branches dépassent la moitié de la longueur du rayon de la spore.

Parmi les spores appartenant à ce genre on trouve à Carmaux les espèces suivantes :

Punctatisporites minutus KOS.
Pl. 1 fig. 7

1950 Punctatisporites minutus KOSANKE
p. 15, pl. 16, fig. 3

1955 Punctatisporites minutus KOS., in POTONIE et KREMP
p. 43, pl. 11, fig. 120

1959 Punctatisporites minutus KOS. in ALPERN
p. 141, pl. 2 , fig. 41

Cette spore est de forme ronde et mesure de 25 à 35 µ ; son exine présente une infra-ponctuation fine. Les branches de la marque triradiée sont égales au trois quarts du rayon de la spore.

Affinités botaniques

Des formes dont les caractères sont ceux du genre Punctatisporites ont été mises en évidence par :

- LANG (1925) chez Hostinella globosa LANG (Psylophytalles).
- DARRAH (1937) chez Crossotheca sagittata DARR. (Cycadofilicales)
- CARPENTIER (1938) chez Crossotheca schatzlarensis (STUR) KIDSTON (Cycadofilicales)
- ARNOLD (1939) chez Archaeopteris latifolia ARN (Primofilices)
- RADFORTH (1938), LOOSE (1946), W. et R. REMY (1955-1957) chez Senfterbergia (al Pecopteris et Dactylothec
- W. et R. REMY (1957) chez Oligocarpia gutbieri GOEPPERT (Gleicheniacées) et chez Waldenburgia corynepteroïdes GOTHAN (Filices)

Enfin, une spore présentant les caractères de Punctatisporites punctatus IBR. a été mentionnée chez les Pteridospermées et les Filicinées par SCHOPF, WILSON et BENTALL en 1944.

Une autre forme ayant les caractères de l'espèce P. sulcatus a été vue par MAMAY en 1957 chez Biscalitheca muscata (Primofilices).

On doit également noter que ces microspores sont souvent accompagnées par des mégaspores du genre Punctatasporites. C'est ainsi qu'ARNOLD en 1939 a observé chez Archaeopteris latifolia des formes assimilables aux Punctatasporites et d'autres aux Punctatisporites.

Genre Calamospora SCHOPF, WILSON et BENTALL 1944

Espèce-type : Calamospora hartugiana SCHOPF 1944

Ce genre Calamospora comprend des spores de forme plus ou moins ronde. L'exine peut être lisse ou infraponctuée, elle est le plus souvent plissée. La marque triradiée est petite, ses branches ont une longueur inférieure à la moitié du rayon de la spore. L'area contagionis (surface entourant la marque triradiée) est plus foncée que le reste de la spore.

De nombreuses espèces se rapportant à ce genre ont été identifiées :

Calamospora breviradiata KOS

Pl. 1, fig. 8

1950 Calamospora breviradiata KOSANKE
p. 41 pl. 9 fig. 4

1955 Calamospora breviradiata KOS., in POTONIE et KREMP
p. 80 pl. 22 fig. 10

Les spores se rapportant à cette espèce mesurent 65 x 88 µ. Elles sont de forme ovale. L'exine est plissée et infragranulaire; elles présentent une area contigionis sombre ; la marque triradiée est courte (15 µ) à lèvres fortes (3 µ).

Calamospora liquida KOS.
Pl. 2 fig. 1

1950 Calamospora liquida KOSANKE
p. 41 pl. 9 fig. 1

Cette spore est de forme sphérique et mesure 80 µ de diamètre ; l'exine fine porte de nombreux plis, la marque trilète est nette.

Calamospora mutabilis (LOOSE) SCHOPF, WILS. et BENT.
Pl. 2 fig. 2

1932 Calamiti (?) sporonites mutabilis LOOSE in POTONIE et LOOSE
p. 451, pl. 19 fig. 50a - c.

1934 Calamiti (?) sporites mutabilis LOOSE
p. 145

1955 Calamospora mutabilis (LOOSE) SCHOPF, WILS et BENT. in POTONIE
p. 49 pl. 11 fig. 129 - 133.

Les spores se rapportant à cette espèce mesurent 135 x 160 µ environ. Leur forme est ovale, irrégulière. L'exine est lisse et fine. Il existe une zone sombre autour de la fente trilète dont les branches ont une longueur égale à la moitié de la longueur du rayon de la spore.

Calamospora pallida (LOOSE) SCHOPF, WILS. et BENT.
Pl. 2 fig. 3

1932 Sporonites pallidus LOOSE, in POTONIE, IBRAHIM et LOOSE
pl. 18 fig. 10

1934 Punctatisporites pallidus LOOSE
p. 146

1944 Calamospora pallidus (LOOSE) SCHOPF, WILSON et BENTALL
p. 52

1955 Calamospora pallida (LOOSE) SCHOPF, WILS. et BENT. in POTONIE
p. 50 pl. 12 fig. 142 - 146.

Les spores se rapportant à cette espèce mesurent 50 x 60 µ environ. Elles sont de forme ovale. L'exine est lisse, fine et plissée. La marque trilète est courte et plus petite ou égale au tiers de la longueur du rayon de la spore.

Calamospora cf. perrugosa (LOOSE) SCHOPF, WILSON et BENTALL
Pl. 2 fig. 4

1934 Laevigatisporites perrugosus LOOSE
p. 145 pl. 7 fig. 13

1944 Calamospora perrugosus (LOOSE) SCHOPF, WILSON et BENTALL
p. 52

1955 Calamospora cf. perrugosa (LOOSE) SCHOPF, WILS. et BENT. in POTONIE
p. 51 pl. 12 fig. 135

Cette spore mesure 80 x 90 µ environ. Elle ressemble à C. perrugosa mais cette dernière mesure de 130 à 160 µ. La forme est arrondie, l'exine est infraponctuée et plissée.

Calamospora straminea WILS. et KOS
Pl. 2 fig. 5

1944 Calamospora straminea WILSON et KOSANKE
fig. 1

1964 Calamospora straminea WILS. et KOS. in KALIBOVA
p. 51 pl. 1 fig. 10

Les spores se rapportant à cette espèce ont une forme arrondie, légèrement triangulaire convexe et mesurent 35 µ environ. L'exine est assez fine, plissée, elle peut être infraponctuée ou granuleuse. Les branches de la marque triradiée ont une longueur comprise entre le quart et la moitié de la longueur du rayon de la spore.

Calamospora sp.
Pl. 2 fig. 6

Cette spore mesure 80 x 90 µ environ. L'exine est granulaire plissée. Les branches de la marque triradiée sont plus grandes que les trois quarts de la longueur du rayon de la spore.

Calamospora sp.

Pl. 3 fig. 1

Cette spore ronde mesure 75 x 95 µ environ. La marque triradiée est assez nette et petite.

Affinités botaniques

Des formes présentant les caractères du genre Calamospora ont été reconnues par :

- HARTUNG en 1938 chez Bowmanites (al Sphenophyllum) stimulosus HART
- POTONIE en 1954 et DEBLOUJAS en 1955 chez les Sphenophyllales
- DOUBINGER en 1961 chez Macrostachya carinata (Calamitales ?)
- R. et W. REMY en 1960 chez Eleutherophyllum drepanophyciforme (Lycopodinées)
- W. et R. REMY en 1956 chez Noeggerathiostrobus vicinalis WEISS (Noeggerathiinées)

De plus, KOSANKE a trouvé Calamospora breviradiata chez Mazostachys pendulata KOS. (Calamitales) et KIDSTON (1914) chez Palaeostachya ettingshauseni KIDSTON (Calamitales).

Enfin, W. et R. REMY ont également trouvé des mégaspores et des microspores du même genre toujours chez Noeggerathiostrobus vicinalis WEISS.

Genre Laevigatisporites (IBRAHIM) POTONIE et KREMP 1954

Espèce-type : Laevigatisporites pinnus (WICHER) POTONIE et KREMP

Ce genre comprend des spores dont la dimension varie de 700 à 1300 microns ; leur contour est net, il n'y a pas d'ornementation équatoriale.

Seules deux espèces ont été observées.

Laevigatisporites glabratus POT. et KR.

Pl. 23, fig. 1

1930 Triletes glabratus ZERNDT
p. 45 pl. 1 fig. 2 et 3.

1931 Triletes glabratus ZERNDT, in STACH et ZERNDT
p. 1122 fig. 17

1934 Sporites glabratus ZERNDT, in WICHER
p. 170 pl. 8 fig. 17

1947 Triletes glabratus ZERNDT in DIJSKRA
p. 26 pl. 1 fig. 8

1954 Laevigatisporites glabratus (ZERNDT) POTONIE et KREMP in POTONIE et KREMP
p. 53 pl. 1 fig. 4,5,7,8.

1966 Laevigatisporites glabratus (ZERNDT) POTONIE et KREMP in de TOSECQ et DOUBINGER
p. 601 pl. XVIII fig. 1-2

Cette espèce groupe des spores dont les dimensions se situent aux environs de 1000µ ; elles présentent des surfaces bombées et chagrinées entre les branches de la marque triradiée. Ces branches sont en relief et mesurent à peu près les deux tiers du rayon de la spore. Les crêtes sont circulaires et s'infléchissent au contact des crêtes triradiaires. Ces crêtes élargies à leurs extrémités se rencontrent en formant un tubercule.

Laevigatisporites sp.

1966 Laevigatisporites sp. DE TOSECQ et DOUBINGER
p. 601 pl. XVIII fig. 3-4

Ces mégaspores mesurent de 1700 à 1800 µ de diamètre ; elles sont rondes, l'exine est granuleuse.

Affinités botaniques

Des spores ayant les caractères du genre Laevigatisporites ont été mises en évidence par CHALONER, chez Sigillariostrobus (Sigillaria ?)

- par BOCHENSKI en 1939 chez Sigillariostrobus czarnockii
- par SCHOPF en 1941 chez Mazocarpon oedipterum.

Genre Granulatisporites (IBRAHIM) POTONIE et KREMP 1954

Espèce-type : G. granulatus IBRAHIM 1933

Ce genre groupe des spores de forme triangulaire concave à sommets arrondis. L'exine porte des granules ronds et réguliers. La marque triradiée est bien marquée et ses branches sont sensiblement égales au rayon de la spore.

On a pu décrire 3 espèces :

Granulatisporites minutus POT. et KR.

Pl. 3 fig. 2-3-4.

1955 Granulatisporites minutus POTONIE et KREMP
p. 12 fig. 147-148

Les spores appartenant à cette espèce mesurent de 20 à 25 µ. Elles sont triangulaires concaves ; l'exine est finement granulaire.

Granulatisporites parvus (IBRAHIM) POT. et KREMP

Pl. 3 fig. 5

1932 Sporonites parvus IBRAHIM in POT. IBR. et L.
pl. 15 fig. 21

1950 Granulatisporites pallidus KOSANKE
p. 21 pl. 3 fig. 3

1955 Granulatisporites parvus POTONIE et KREMP
p. 59 pl.12 fig. 161-171

Cette spore est de forme triangulaire à sommets arrondis et mesure environ 35 µ dans sa plus grande dimension ; l'exine porte des granules mesurant ½µ.

Granulatisporites piroformis LOOSE

Pl. 3 fig. 6

1934 Granulatisporites piroformis LOOSE
p. 142 pl. 7 fig. 19

Les spores de cette espèce sont de forme triangulaire concave, à sommets arrondis et mesurent de 35 à 40 µ ; l'exine est couverte de granules mesurant 1 µ. On peut en compter 65 sur le contour équatorial.

Affinités botaniques

Des formes présentant les caractères du genre Granulatisporites ont été décrites par :

- HALLE en 1940 chez Lygodium skottsbergii
- CARPENTIER en 1938 chez Crossotheca crepini ZEILLER

Des formes ayant les caractères de l'espèce G. granulatus ont été vues en 1933 par SCHOPF, WILSON et BENTALL chez Botryopteris illinoensis (Filicales primofilices).

Genre Cyclogranisporites POTONIE et KREMP 1954

Espèce-type : C. leopoldi (KREMP), POTONIE et KREMP 1954

Les spores appartenant à ce genre sont caractérisées par leur forme ronde et leur exine granulaire.

Quelques espèces attribuées à ce genre ont pu être observées

Cyclogranisporites aureus LOOSE

Pl. 3 fig. 7

1934 Reticulatisporites aureus LOOSE
p. 155 pl. 7 fig. 24

1935 Cyclogranisporites aureus (LOOSE) POTONIE et KREMP
p. 61 pl. 13 fig. 184-186.

Les spores de cette espèce mesurent 58 x 60 µ. Il y a de 70 à 100 granules visibles sur le pourtour. La dimension des branches de la fente trilète varie de la moitié aux deux tiers du rayon de la spore.

Cyclogranisporites orbicularis (KOSANKE) POT. et KREMP

Pl. 3 fig. 8

1950 Punctati-sporites orbicularis KOSANKE
p. 16 pl. 2 fig. 9

1955 Cyclogranisporites orbicularis POTONIE et KREMP
p. 61

Les spores de cette espèce sont de forme circulaire et mesurent environ 35 à 50 µ de diamètre ; l'exine est couverte de fins granules. Les rayons de la fente trilète ont une longueur égale à la moitié du rayon de la spore.

Cyclogranisporites pergranulus ALPERN

Pl. 3 fig. 9

1959 Cyclogranisporites pergranulus ALPERN
p. 142 pl. 2 fig. 55-58

L'exine est ornementée de grains plus larges que hauts, bien visibles sur le pourtour de la spore. Par contre les grains larges peuvent simuler un pseudoreticulum. La fente trilète reste peu ou pas visible.

Affinités botaniques

Des formes présentant les caractères des Cyclogranisporites ont été observées par :

- NATHORST en 1908 chez Asterotheca (Pecopteris) miltoni ARTIS (Marattiales)
- HALLE en 1916 chez Sporogonites exuberans HALLE
- HARRIS en 1931 chez Osmundopsis plectophora et chez Todites goeppertianus MUNSTER CROSSER (Osmondales)
- NEMEJEC en 1935 chez Noeggerathiostrobus bohemicus FEISTMANTEL (Noeggerathiales)
- HOEC en 1942 chez Svalbardia polymorpha HEG (Primofilices)
- SRIVASTAVA en 1954 chez Ptychocarpus sp. (Marattiales)
- R. et W. REMY en 1955 chez Corynepteris silesiaca (Primofilices)
- MAMAY en 1957 chez Biscalitheca muscata (Primofilices)

Enfin, parmi les espèces végétales déjà citées, certaines ont donné également des formes de mégaspores présentant les caractères du genre Calamospora. Ce sont :

- Noeggerathiostrobus bohemicus FEIST. cité par NEMEJEC en 1928.

Genre Crassispora (KNOX) BHARDWAJ 1957

Espèce-type : C.(al Planisporites) ovalis BHARDWAJ 1957

Les spores appartenant à ce genre sont caractérisées par leur forme ronde, leur exine portant de petits cônes et leur marque trilète visible.

Crassispora microtuberosus LOOSE
Pl. 4 fig. 1

1950 Planisporites microtuberosus (LOOSE) KNOX, in BHARDWAJ
p. 87 pl. 23 fig. 13-14

Cette espèce est constituée par des spores de forme ovale, mesurant 60 x 90 µ environ ; l'exine est plissée, elle porte des cônes qui peuvent atteindre 2 µ de hauteur. Un épaississement équatorial irrégulier constitue un faux cingulum, la marque triradiée est peu visible.

Crassispora kosankei POT. et KR.
Pl. 4 fig. 2

1955 Planisporites kosankei POTONIE et KREMP
p. 71 pl. 13 fig. 208-213

1959 Crassispora kosankei POTONIE et KREMP, in ALPERN
p. 142 pl. 3 fig. 59-61

Les spores de cette espèce sont arrondies ou légèrement ovales et mesurent 58 x 75 µ environ. Elles possèdent un épaississement équatorial qui peut paraître parfois assez régulier. Les cônes sont petits (0,5 µ de haut et moins de 1 µ de large) ; on peut compter sur l'équateur une centaine de cônes.

Affinités botaniques

Des formes présentant les caractères du genre Crassispora ont été trouvées par :

- KIDSTON (1906), FLORIN chez Crossotheca hughesiana KIDSTON (1906) (Pteridophytes)
- W. et R. REMY en 1954 chez Crossotheca crepini ZEILLER (W. Pteropsida)
- CHALONER chez Sigillariostrobus (Sigillaires)
- BOCHENSKI en 1939, RETTSCHLAG et REMY en 1954 chez Sigillariostrobus ciliatus (Sigillaires)

De plus, KIDSTON, dans la même espèce végétale, avait déjà cité en 1897 des mégaspores présentant les caractères du genre Tuberculatisporites.

Genre Lophotriletes (NAUMOVA) POTONIE et KREMP 1954

Espèce-type : Lophotriletes gibbosus (IBRAHIM) POTONIE et KREMP 1954.

Les spores appartenant à ce genre sont de forme triangulaire convexe ou concave, à sommets arrondis. L'exine est ornementée en général de cônes aussi hauts que larges.

Nous avons pu observer quatre espèces de Lophotriletes dont deux nouvelles.

Lophotriletes ibrahimi (PEPPERS) PI-RAD. et DOUB.
Pl. 4 fig. 3

1964 Granulatisporites ibrahimi (PEPPERS)
p. 20 pl. 2 fig. 9-10

1967 Lophotriletes ibrahimi PI-RADONDY et DOUBINGER
pl. I fig. 2

Ces spores ont un contour triangulaire avec des côtés très concaves et des sommets largement arrondis. Les rayons de la marque triradiée atteignent presque les sommets et sont peu différenciés. L'exine est recouverte de cônes plus larges que hauts, à base globuleuse et à sommets effilés en une pointe parfois recourbée.

Ces ornements sont plus denses sur la face distale et au sommet du triangle que sur la face proximale ; dans la région des aires de contact, les ornements sont plus ou moins soudés en un épaississement continu.

Ce caractère très orné de l'exine, ne justifie pas le classement de cette spore dans le genre Granulatisporites. La largeur des cônes par rapport à leur longueur situe plutôt ces formes dans le genre Lophotriletes que dans les Acanthotriletes que rappelle par ailleurs un aspect épineux.

Lophotriletes microsaetosus (LOOSE) POT. et KR.

Pl. 4 fig. 4

1932 Sporonites microsaetosus LOOSE in POTONIE IBRAHIM et LOOSE
p. 450 pl. 18 fig. 40

1934 Setosi-sporites microsaetosus LOOSE
p. 148

1955 Lophotriletes microsaetosus (LOOSE) POTONIE et KREMP
p. 74 pl. 14 fig. 229-231

1959 Lophotriletes microsaetosus (LOOSE) POTONIE et KREMP
p. 143 pl. 3 fig. 66-68.

Les spores de cette espèce ont une forme triangulaire concave et mesurent environ 25 µ dans leur plus grande dimension. L'exine est couverte de cônes de 2 µ de hauteur et de 1 µ de base. La marque triradiée est visible, ses branches sont égales aux 3/4 du rayon de la spore.

Lophotriletes mosaïcus POT. et KR.

Pl. 4 fig. 5

1955 Lophotriletes mosaïcus POTONIE et KREMP
p. 75 pl. 14 fig. 227-228

Les spores appartenant à cette espèce ont une forme triangulaire concave à sommets arrondis ; elles mesurent de 30 à 40 µ. L'exine est ornementée de cônes aussi hauts que larges, une dizaine de cônes atteignent 4 µ de diamètre. Il apparaît un reticulum négatif. La marque triradiée a des branches flexueuses, pouvant atteindre les trois quarts de la longueur du rayon de la spore.

Nous rangeons cette forme dans le genre Lophotriletes ; les épaississements ne sont pas nettement individualisés, mais résultent de l'irrégularité des verrues.

Lophotriletes pyramidalis PI-RAD. et DOUB.
Pl. 4, fig. 6

1967 Lophotriletes pyramidalis PI-RADONDY et DOUBINGER
pl. 1, fig. 3

Les spores de cette espèce sont très souvent observées à Carmaux et très caractéristiques. Elles mesurent 30 µ. Elles présentent la forme d'un tétraèdre à base triangulaire à sommets arrondis, les granules sont réguliers et très régulièrement répartis sur toute la surface de la spore. Les branches de la marque trilète occupent la position des arêtes du tétraèdre.

Affinités botaniques

Des formes présentant les caractères du genre Lophotriletes ont été mises en évidence par :

- MAMAY en 1950 chez Botryopteris illinoensis (Primofilices)
- W. et R. REMY en 1957 chez Sphyropteris cf. boehmischi STUR (Primofilices).

Genre Apiculatisporis (POTONIE et KREMP 1956)

Espèce-type : A. aculeatus (IBRAHIM) POTONIE et KREMP 1956

Les spores appartenant à ce genre ont une forme plus ou moins arrondie mais nous y avons inclus aussi des formes nettement triangulaires ou concaves. Ces spores ont en commun l'ornementation de l'exine qui porte des cônes plus hauts que larges irrégulièrement répartis. C'est ce qui distingue les formes triangulaires de celles du genre Lophotriletes.

Les charbons étudiés nous ont permis d'observer quatre espèces d'Apiculatisporis, dont une espèce nouvelle.

Apiculatisporis aculeatus IBR. 1933
Pl. 4, fig. 7

1933 Apiculatisporites aculeatus IBRAHIM
p. 23, pl. 6, fig. 57

1955 Apiculatisporites aculeatus IBRAHIM, in POTONIE et KREMP
p. 78, pl. 14, fig. 235-236

Les spores de cette espèce sont rondes et mesurent de 50 à 72 µ suivant les individus. L'exine porte des ornements coniques irréguliers mesurant 2 à 4 µ de hauteur et 2 µ de base. La fente trilète, bien visible, atteint les deux tiers de la longueur du rayon de la spore.

Apiculatisporis concavus PI-RAD. et DOUB.
Pl. 4 fig. 8

1967 Apiculatisporis concavus PI-RADONDY et DOUBINGER
pl. 3 fig. 5

Cette espèce comprend des spores triangulaires concaves, l'exine est ornementée de cônes assez espacés, deux fois plus hauts que larges, de 2 µ de base sur 1 µ de haut. On peut compter environ 45 cônes répartis sur l'équateur. Les aires de contact sont plus sombres que le reste de la spore.

ALPERN (1959 - pl. 3, fig. 70-72) classe dans Apiculatisporites sp. des formes triangulaires qui seraient peut être à rapprocher de notre espèce.

Apiculatisporis quasiarcuatus (KOS)
Pl. 4 fig. 9

1950 Schopfites quasiarcuatus KOSANKE
p. 18 pl. 1 fig. 9

Cette spore est de forme triangulaire arrondie ; elle mesure 80 à 85 µ de diamètre. L'exine mince est recouverte de petits cônes de 2 µ de diamètre. La marque trilète est dans une zone circulaire plus lisse.

Apiculatisporis setulosus (KOS) POT. et KREMP.
Pl. 5 fig. 1

1950 Punctatisporites setulosus KOSANKE
p. 15 pl. 2 fig. 1

1955 Apiculatisporites setulosus (KOSANKE) POTONIE et KREMP
p. 79 pl. 14 fig. 246-248.

Les spores de cette espèce sont de forme arrondie et mesurent de 45 à 60 µ. L'exine est fine et présente souvent un ou plusieurs plis. Elle porte des granules ronds de 2 µ de hauteur et de 1 µ de diamètre. La marque trilète est très nette, ses branches atteignent la moitié de la longueur du rayon de la spore.

Cette forme se distingue des Cyclogranisporites par l'exine plus fine, les granules environ deux fois plus hauts que larges et la répartition plus irrégulière et plus espacée des granules qui ne donnent jamais l'impression d'un reticulum négatif.

Affinités botaniques : non déterminées.

Genre Acanthotriletes (NAUMOVA) POTONIE et KREMP 1954

Espèce-type : A. ciliatus (KNOX) POTONIE et KREMP 1954

Ce genre est représenté par des spores de forme triangulaire ; l'exine porte de nombreuses épines 2 fois plus hautes que larges.

Acanthotriletes microsaetus LOOSE
Pl. 5 fig. 2

1959 Acanthotriletes microsaetosus LOOSE, in ALPERN
p. 143 pl. 3 fig. 74-75.

Les formes appartenant à cette espèce ont de 26 à 30 µ ; elles sont triangulaires et portent des épines fines de 2 à 3 µ. La marque trilète bien visible, atteint presque le bord de la spore.

Acanthotriletes microspinosus (IBRAHIM) POTONIE et KREMP

1933 Apiculatisporites microspinosus IBRAHIM
p. 24 pl. 6 fig. 52

1950 Spinososporites microspinosus (IBRAHIM) KNOX
p. 314 pl. 17 fig. 204

1955 Acanthotriletes microspinosus (IBRAHIM) POTONIE et KREMP in POTONIE
p. 84 pl. 14 fig. 258

Cette espèce présente des spores de forme triangulaire convexe mesurant 30 à 35 µ ; l'exine porte des épines acérées s'élargissant à la base. La marque trilète est bien visible, ses branches atteignent le bord de la spore.

Affinités botaniques : indéterminées

Genre Raistrickia (SCHOPF, WILSON et BENTALL) POTONIE et KREMP 1954)

Espèce-type : R. grovensis SCHOPF 1944

Ce genre est caractérisé par des spores de forme ronde. L'exine est ornée de bâtonnets de forme variable, cylindriques, renflés, évasés au sommet ou encore amincis, appelés baculae.

Nous avons pu observer une seule espèce :

Raistrickia cf. saetosa (LOOSE) SCHOPR; WILS. et BENT.

Pl. 5 fig. 3 et 4.

1932 Sporonites saetosus LOOSE, in POTONIE, IBRAHIM et LOOSE
p. 452 pl. 19 fig. 56

1933 Setosisporites saetosus (LOOSE) IBRAHIM
p. 26

1944 Raistrickia saetosus (LOOSE) SCHOPF, WILSON et BENTALL
p. 56

1955 Raistricki saetosa (LOOSE) SCHOPF, WILS. et BENT.
p. 87 pl. 15 fig. 264-266

1959 Raistrickia saetosa (LOOSE) SCHOPF, WILS. et BENT in ALPERN
p. 164 pl. 4 fig. 83

Cette espèce est caractérisée par des formes rondes, mesurant de 50 à 60 µ. L'exine porte des baculae pouvant atteindre 7 à 8 µ sur les spores observées (14 µ d'après R. POTONIE (1956). Quelques unes sont nettement subdivisées à leur extrémité.

Affinités botaniques :

Des spores présentant les formes du genre Raistrickia ont été observées par :

- MOORE en 1946, R. et W. REMY en 1955, W. et R. REMY en 1957 chez Ptychocarpus (al Pecopteris) unitus BRONG.
- MAMAY en 1950 chez Botryopteris spinosa
- BOCHENSKI en 1939, RETTSCHLAG et REMY en 1954, REMY en 1959 chez Sigillari o strobus ciliatus KIDSTON (Sigillaires).

De plus, des formes présentant les caractères de l'espèce R. saetosa ont été observées par :

- RADFORTH en 1938, MOORE en 1946, R. et W. REMY en 1955 W. et R. REMY en 1957 chez Senfterbergia (al Pecopteris et Dactylotheca) plumosa ARTIS. Schizeaecées, Filicales).

Genre Verrucosisporites (IBRAHIM) POTONIE et KREMP 1954

Espèce-type : V. verrucosus IBRAHIM 1933

Ce genre est caractérisé par des spores de forme plus ou moins rondes. L'exine est ornementée de verrues à base large pouvant avoir un contour irrégulier. Les verrues sont séparées par des intervalles étroits.

Nous avons mis en évidence une seule espèce :

Verrucosisporites verrucosus IBR.
Pl. 5, fig. 5

1932 Sporonites verrucosus IBRAHIM, in POTONIE, IBRAHIM et LOOSE
p. 448, pl. 15, fig. 17

1933 Verrucosisporites verrucosus IBRAHIM
p. 25, pl. 2, fig. 17

1955 Verrucosisporites verrucosus IBR. in POTONIE et KREMP
p. 69, pl. 13, fig. 196-199

1959 Verrucosisporites verrucosus IBR., in ALPERN
p. 164, pl. 4, fig. 88

Ces spores sont de forme à peu près ronde et mesurent de 75 à 88 µ de diamètre. L'exine porte des verrues de 3 à 5 µ à base pentagonale ou hexagonale. L'ensemble donne l'impression d'un reticulum négatif. Ces deux derniers caractères sont soulignés par R. POTONIE.

Affinités botaniques :

Des formes présentant les caractères du genre Verrucosisporites ont été observées par :

- CORDA en 1845 chez Zygopteris primaeva CORDA
- BODE en 1928 chez Sporangiotrobus rugosus (Selaginellales incentae sedis).
- W. et R. REMY en 1957 chez Waldenburgia corynepteroïdes GOTHAN (W. pteropsida).

Les caractères de l'espèce ont pu être précisés pour des formes telles que : Verrucosisporites verrucosus par :

- R. et W. REMY en 1955 chez Corynepteris silesiaca (Primofilices)

et Verrucosisporites firmus par :

- W. et R. REMY en 1957 chez Zygopteris sp. (Primofilices)

Genre Cyclobaculisporites BHARDWAJ 1955

Espèce-type : C. (al Punctatisporites) grandiverrucosus (KOSANKE) BHARDWAJ 1955

Ce genre est caractérisé par des formes rondes ou ovales portant de grosses verrues cylindriques à leur partie supérieure ou baculae. Nous avons pu observer une espèce de cyclobaculisporites.

Cyclobaculisporites ovimammus (IMG) BHARD.
Pl. 5 fig. 6

1952 Verrucosisporites ovimammus IMGRUND
p. 34, fig. 75

1955 Cyclobaculisporites ovimammus (IMGRUND) BHARDWAJ
p. 125 pl. 1 fig. 2

Les spores de cette espèce sont de forme arrondie et mesurent 62 µ de diamètre. La marque trilète est parfois bien visible. Les baculae sont cylindriques et tronquées au sommet ; elles mesurent 2 à 3 µ de hauteur, leur diamètre étant de 4 à 5 µ à la base.

Affinités botaniques : inconnues

Genre Schopfites KOSANKE 1950

Espèce-type : S. dimorphus KOSANKE 1950

Ces spores sont rondes ou triangulaires et mesurent 80 à 84 µ dans leur plus grande dimension ; les verrues et baculae atteignent 1 à 4 µ de hauteur. La face proximale porte dans la zone lisse une marque triradiée dont les branches mesurent 24 à 25 µ.

Schopfites vetteri PI-RAD. et DOUBINGER
Pl. 5, fig. 7

1967 Schopfites vetteri PI-RADONDY et DOUBINGER
pl. 2 fig. 1

Cette spore est de forme triangulaire convexe et mesure 80 µ de diamètre, les verrues et baculae mesurent 1 à 2 microns de hauteur. Une zone plus lisse sur la face proximale porte une marque triradiée dont les branches mesurent environ 24 microns et atteignent le bord interne de la zone ornée. Ce caractère ainsi que la forme plus régulièrement cylindrique des baculae, différencient cette forme de Schopfites dimorphus.

Affinités botaniques : inconnues.

Genre Tuberculatisporites (IBRAHIM) POTONIE et KREMP 195

Espèce-type : T. tuberosus IBRAHIM 1933

Les spores du genre Tuberculatisporites ont des tailles variant de 1000 à 3000 µ. L'ornementation recouvre la totalité de l'exine. La forme est variable.

Trois espèces ont été observées :

Tuberculatisporites subfuscus (WICHER) POT. et KR.
Pl. 23, fig. 2

1934 Sporites subfuscus WICHER
p. 179 , pl. 8, fig. 10

1955 Tuberculatisporites subfuscus (WICHER) POTONIE et KREMP
p. 92, pl. 3, fig. 18a , b.

1966 Tuberculatisporites subfuscus (WICH) POT. et KR., in de TOSECQ
p. 601, pl. XVIII fig. 5a, b.
p. 601, pl. XXI fig. 3

Cette espèce possède des spores de forme ronde. L'Y est net, court et égal à la moitié du rayon de la spore. La face distale est ornée de gros tubercules ainsi qu'une partie de la face proximale. Entre les branches de l'Y, l'ornementation est plus fine.

Tuberculatisporites mamillarius (BARTH) POT. et KR.
Pl. 23, fig. 3

1928 Triletes mamillarius BARTLETT
p. 21, pl. 13-15

1955 Tuberculatisporites mamillarius (BARTLETT) POTONIE et KREMP
p. 90

1964 Tuberculatisporites mamillarius LOBOZIACK
p. 20, pl. 2 fig. 7

1966 Tuberculatisporites mamillarius de TOSECQ
p. 601, pl. XXI, fig. 4

Cette espèce possède des spores de forme ronde ou ovale dont la taille varie de 1000 à 3000 µ. La marque trilète est courte, toute l'exine est couverte de grains.

Tuberculatisporites sp.

1966 Tuberculatisporites sp. in DE TOSECQ
pl. XXI fig. 1-2

Cette spore mesure de 800 à 1400 microns. Elle est de forme aplatie ; la face proximale porte de petits cones espacés et arrondis, la face distale de gros grains ronds.

Affinités botaniques :

Des formes ayant les caractères du genre Tuberculatisporites ont été trouvées par :

- ZEILLER chez Sigillariostrobus souichi.
- KIDSTON en 1897, LECLERCQ en 1933, CHALONER en 1953, chez Sigillariostrobus rhombibracteatus (KIDSTON).
- CHALONER en 1953 chez Mazocarpon shorense BENSON 1918

Genre Colisporites POTONIE et KREMP 1954

Espèce-type : C. bulbosus (HORST) POTONIE et KREMP 1954

La forme des spores de ce genre est subtriangulaire ; l'exine est couverte de tubercules ou de grains nombreux. Les branches de l'Y élargies à leur extrémité sont assez longues (trois quarts du rayon de la spore).

Colisporites olgae POT. et KR.

Pl. 23, fig. 4

1955 Colisporites olgae POTONIE et KREMP
p. 94 pl. 4 fig. 19

1964 Colisporites olgae POT. et KR., in LOBOZIACK
p. 21 pl. 1 fig. 6
pl. 2 fig. 1 et2

1966 Colisporites olgae POT. et KR., in DE TOSECQ
p. 601 pl. XXI fig. 5a-5b.

Les formes des spores de ce genre sont surtout subtriangulaire. L'exine est couverte de cônes pointus et nombreux, sauf aux niveaux des surfaces de contact ornées de fins granules.

La taille de ces spores est comprise entre 900 et 1200 µ.

Colisporites sp.

1966 Colisporites sp. DE TOSECQ
p. 601 pl. XXI fig. 6a-b.

Les spores de cette espèce sont de forme allongée aplatie ; la marque triradiée est arquée et renflée. Elles portent des cônes dont la grosseur augmente sur les bords de la face proximale. La face distale est couverte de cônes de grande taille.

Les dimensions de ces mégaspores varient de 600 à 1100 microns.

Genre Microreticulatisporites (KNOX) POTONIE et KREMP 1954

Espèce-type : M. Lacunosus (IBRAHIM) KNOX 1950

Ce genre est caractérisé par des formes rondes ou triangulaires. L'exine est ornementée. Certaines espèces présentent un reticulum, d'autres un pseudo-reticulum à mailles fines.

Nous avons pu observer deux espèces :

Microreticulatisporites cf. microtuberosus (LOOSE) POT. et KR. 1955

Pl. 5 fig. 8

1955 Microreticulatisporites cf. microtuberosus (LOOSE) POTONIE et KREMP
p. 101 pl. 15 fig. 278.

Les spores appartenant à cette espèce ont une forme triangulaire convexe et mesurent de 55 à 63 µ. L'exine porte un reticulum négatif ; on distingue environ 80 arcs sur le pourtour. La marque trilète est nette, ses branches sont égales aux deux tiers de la longueur du rayon de la spore.

La forme de Carmaux, que nous figurons, présente un aspect particulier dû à la fente ouverte en triangle entourée d'un bourrelet, ce qui paraît bien être un caractère accidentel.

Microreticulatisporites nobilis (WICH.) KNOX

Pl. 6 fig. 1 et 2

1934 Sporites nobilis WICHER
p. 186 pl. 8 fig. 30

1950 Microreticulatisporites nobilis (WICHER) KNOX
p. 321 pl. 18 fig. 242.

1954 Microreticulatisporites nobilis (WICHER) KNOX
p. 101 pl. 15 fig. 279-280.

1959 Microreticulatisporites nobilis (WICHER) KNOX
p. 164 pl. 4 fig. 100

Cette espèce est caractérisée par des spores de forme triangulaire convexe mesurant 40 à 45 µ. L'exine est assez épaisse et porte un réticulum imparfait ; on peut compter sur le pourtour une trentaine d'arcs. La marque triradiée assez nette, est égale au rayon de la spore.

Affinités botaniques :

Des formes présentant les caractères des Microreticulatisporites ont été observées par :

- LEVITTAN et BARGHOORN en 1948 chez Sphenostrobus thompsonii LEV. et BARGH. (Noeggerathiales)
- MAMAY en 1950 chez Scolecopteris iowensis et chez Scolecopteris major (Marattiales)
- REMY en 1954 chez Noeggerathiostrobus bohemicus (Noeggerathiales).

Genre Reticulatisporites (IBRAHIM) POTONIE et KREMP 1954

Espèce-type : R. reticulatus IBRAHIM 1933

Les spores appartenant à ce genre sont de forme ronde. L'exine est sculptée. Des cloisons élevées entourent les cavités. Il y a une marque triradiée peu nette.

Reticulatisporites muricatus KOS.
Pl. 6 fig. 4

1950 Reticulatisporites muricatus KOSANKE
pl. 4 fig. 7

1955 Reticulatisporites muricatus KOSANKE in ALPERN
p. 145 pl. 5 fig. 120-121-122.

Cette espèce est caractérisée par des spores de forme ronde ou ovale, mesurant 87 µ environ. L'exine épaisse est très sculptée. Les ornements forment un réseau de cloisons élevées de 3 à 7 µ de hauteur. Il y a environ 15 mailles de 8 à 30 µ de côté. La marque triradiée est peu visible à cause de l'ornementation qui la chevauche. Suivant l'orientation de ces formes, la sculpture prend l'aspect d'une aile membraneuse équatoriale.

Reticulatisporites irregularis KOS.

Pl. 6 fig. 3

1950 Reticulatisporites irregularis KOSANKE
p. 26 pl. 5 fig. 1

1959 Reticulatisporites irregularis KOS., in ALPERN
p. 145 pl. 5 fig. 117

Les spores appartenant à cette espèce sont à peu près rondes et mesurent de 110 à 180 µ. Les cavités (Luminae) sont de forme et de dimension variables (2 à 12 µ). Les cloisons ont une épaisseur variant de 2 à 8 µ. La marque trilète est peu nette. Le réseau est beaucoup plus dense que dans l'espèce précédente.

Reticulatisporites polygonalis (IBRAHIM) NEVES

Pl. 6, fig. 5

1955 Knoxisporites polygonalis IBRAHIM in POTONIE et KREMP
p. 117 pl. 16 fig. 318

1964 Reticulatisporites polygonalis NEVES
p. 1066 pl. 1 fig. 3-9

Les spores appartenant à cette espèce sont de forme arrondie et mesurent 90 à 95 µ environ ; l'exine est ornementée de cloisons de 6 à 10 µ de hauteur, délimitant des cavités d'allure polygonale au centre. Les cloisons des mailles périphériques partent du sommet du polygone central.
La spore présente un anneau externe foncé.
La longueur des rayons de la marque triradiée atteint le 1/3 de la longueur du rayon de la spore.

Reticulatisporites sp.

Pl. 6 fig. 6

Cette spore présente une forme irrégulière et mesure 50 x 65 µ ; l'exine porte des cloisons de 3 à 7 µ de hauteur délimitant une dizaine de cavités de forme irrégulière ; la fente trilète est peu visible.

Affinités botaniques :

Des formes présentant les caractères du genre Reticulatisporites ont été vues par :

- WILLIAMSON en 1871, SCOTT en 1909, LECLERCQ en 1925 chez Sphenophyllum dawsoni SCHIMP (Sphenophyllales).
- MAMAY en 1950 chez Scolecopteris major MAMAY et en 1954 chez Sclerocelyphus oviformis (al oviformus) MAMAY (Marattiales).

Des formes ayant les caractères de l'espèce R. reticulatus ont été observées par :

- SCHOPF, WILSON et BENTALL chez certaines Sphenopsidées et par KOSANKE (1950) et MAMAY (1954) chez les Hepaticae.

Genre Convolutispora HOFFMEISTER, STAPLIN et MALLAY 1955

Espèce-type : C. florida HOFFMEISTER, STAPLIN et MALLAY.

On groupe dans ce genre des spores circulaires ou subcirculaires à ornementation réticulée. Contrairement à ce qu'on observe chez Reticulatisporites, les épaississements constituant le réticulum sont irréguliers, formant des verrues et même des baculae.

Convolutispora alperni PI-RAD. et DOUB.

Pl. 7 fig. 1

1967 Convolutispora alperni. PI-RADONDY et DOUBINGER
pl. 1 fig. 4 et 5.

Les spores attribuées à cette nouvelle espèce sont globuleuses et mesurent de 90 à 120 µ ; l'exine porte un reticulum assez dense présentant des verrues mesurant 3 à 5 µ de diamètre et 6µ de haut. Les lumières du reticulum mesurent de 4 à 7µ.
La marque triradiée est relativement petite, ses rayons mesurent environ 30 µ de longueur.
La spore décrite par PEPPERS (1964) sous le nom de Convolutispora sp.1, semble très proche de notre nouvelle espèce.

Affinités botaniques : Inconnues.

Genre Savitrisporites BHARDWAJ 1955

Espèce-type : S. triangulus BHARDWAJ 1955.

Ce genre groupe des formes triangulaires convexes. L'exine porte un reticulum net et ornementé. Un cingulum entoure parfois la spore.

Savitrisporites cingulatus ALP.

Pl. 7 fig. 2-3-4.

1950 Dictyotriletes (Savitrisporites) cingulatus ALPERN
p. 145 pl. 16 fig. 109 à 112.

Il s'agit de spores triangulaires à sommets arrondis mesurant 35 à 45 µ de diamètre ; la partie centrale est nettement réticulée et entourée par une bande équatoriale lisse prenant l'aspect d'un cingulum de largeur variable.

Savitrisporites majus BHARD
Pl. 7 fig. 5-6-7.

1957 Savitrisporites majus BHARDWAJ
p. 97 pl. 24 fig. 11 text.fig. 5.

1959 Dictyotriletes camptotus ALPERN
p. 145 pl. 5 fig. 113-115.

Cette espèce est caractérisée par des spores de forme triangulaire convexe à contour irrégulier, dont la dimension varie de 65 à 90 microns. L'exine est épaisse et nettement réticulée. Les sommets sont parfois légèrement épaissis. Le bord de la spore est lisse, sur la surface proximale. Le reticulum porte des protubérances alignées de 10 µ à la base et de 5 µ de hauteur. L'Y est dissymétrique, une branche est courte, les deux autres rejoignent le bord de la spore et sont sinueuses. On peut voir quatre luminae par branche de la marque trilète. La face distale présente un aspect un peu différent. Elle prend l'allure d'un reticulum à mailles larges et arrondies.

Savitrisporites sp.
Pl. 7 fig. 8

Cette spore présente un contour irrégulier triangulaire concave ; la marque triradiée sinueuse est dissymétrique ; elle est masquée par des verrues plus ou moins soudées.

Affinités botaniques : inconnues.

Genre Callisporites BUTTERVORTH et WILLIAMS (1958).

Espèce-type : Callisporites nux. BUTT. et WILL. 1958

Ce genre groupe des spores possédant un cingulum relativement étroit et épais, en forme de bouée de sauvetage ; le contour équatorial est triangulaire ou subtriangulaire ; les angles sont arrondis, les côtés concaves droits ou convexes ; l'ornementation formée de côtes concentriques parallèles aux côtés du triangle, est interrompue au voisinage de la ceinture équatoriale.

Callisporites bergouniouxi. PI-RAD. et DOUB.
Pl. 8 fig. 1

1967 Callisporites bergouniouxi. PI RADCNDY et DOUBINGER
pl. 2 fig. 5

Les spores de cette nouvelle espèce sont triangulaires convexes ; elles ont un cingulum large de 5 microns légèrement épaissi aux sommets ; la marque triradiée est nette et atteint presque le cingulum, la spore mesure 55 microns dans sa plus grande dimension.

Entre deux branches successives de la marque triradiée, elle porte des épaississements formant une figure triangulaire convexe ; à l'intérieur de ce triangle se trouve un épaississement arqué.

Affinités botaniques :

Des spores de ce type ont été isolées par :

- RADFORTH (1939 - pl. 1 fig. 14) chez Senfterbergia sturi (Filicinées : Schizaeacées).

Genre Vestisporites (BHARDWAJ) LAVEINE 1965
Cancellatisporites (DYB. JAC. 1967)

Espèce-type : Vestisporites costatus (BALME) (BHARDWAJ) LAVEINE 1965

Les spores appartenant à ce genre sont rondes ou ovales et mesurent de 60 à 100 µ. Elles portent un réseau irrégulier de cloisons. La marque trilète se trouve dans une plage circulaire qui peut être operculée et autour de laquelle s'alignent les cloisons.

Vestisporites sp.
Pl. 8 fig. 2

Cette spore est de forme ovale ; elle mesure de 60 à 68 µ. La marque triradiée est peu nette. Cette forme ressemble à Vestispora sp. b de ALPERN (pl. 6 fig. 129 , 1959).

Affinités botaniques : inconnues.

Genre Fovoelatisporites BHARDWAJ 1955

Espèce-type : F. fenestratus (KOSANKE et BROKOV) BHARDWAJ 1955

Les spores appartenant à ce genre ont une forme circulaire ou ovale. Elles portent de petites alvéoles, à peu près rondes et semblent de ce fait infraréticulées.

Foveolatisporites fenestratus (KOSANKE, BROKOV) BHARDWAJ
Pl. 8, fig. 3

1950 Punctatisporites fenestratus KOSANKE et BROKOV
p. 15, pl. 2, fig. 10 in KOSANKE

1955 Foveolatisporites fenestratus BHARDWAJ
p. 126, pl. 1, fig. 4

Les spores appartenant à cette espèce sont de forme ronde ou ovale. Elles portent de petites alvéoles rondes. La marque triradiée est peu ou pas visible.

Affinités botaniques : inconnues

Lagenotriletes POTONIE et KREMP 1954

Genre Setosisporites (IBRAHIM) POTONIE et KREMP 1954

Espèce-type : Setosisporites hirsutus (LOOSE) IBRAHIM 1933

Ce genre est caractérisé par des spores possédant une protubérance, au point de rencontre des branches de la marque trilète.

Setosisporites hirsutus (LOOSE) IBR.
var. crouzeli DE TOSECQ et DOUBINGER
Pl. 23, fig. 6

1932 Setosisporites hirsutus LOOSE, IN POTONIE, IBRAHIM
fig. 58 et LOOSE

1933 Setosisporites hirsutus (LOOSE) IBRAHIM in POTONIE
p. 123, pl. 4, fig. 23-29

1966 Setosisporites hirsutus var. crouzeli DE TOSECQ et
p. 601, pl. XXI, fig. 12a et 12b. DOUBINGER

Les spores de cette espèce ressemblent à Setosisporites hirsutus par les crêtes arquées qui forment trois arcs de cercle, entre lesquels les surfaces de contact sont parfois barrées de plis radiaires. On a été amené à en faire une variété différente car

la taille est plus grande, 945 à 1000 µ au lieu de 500 à 800 µ. De plus, on y trouve une masse granuleuse au centre de la face proximale et la face distale concave est entièrement chagrinée. Enfin, les ornements sont plus serrés et plus courts que dans l'espèce-type. Ceci a amené DE TOSECQ à créer une variété nouvelle.

Affinités botaniques :

Une forme présentant les caractères de l'espèce Setosisporites hirsutus a été trouvée par CHALONER en 1958 chez Selaginellites canonbiensis CHAL. (Selaginelles) en même temps que des microspores dont la discription correspond à celle de Densosporites loricatus.

Zonales (Bennie et Kidston 1886) POT. et KR. 1954

Auritotriletes POT. et KR. 1954

Genre Triquitrites WILSON et COE 1940

Espèce-type : T. arculatus WILSON et COE 1940

Les spores appartenant à ce genre ont généralement une forme triangulaire ou triangulaire concave. Les sommets sont épaissis ou ornementés, l'exine peut également être entièrement ornementée.

Triquitrites perornatus PI-RAD. et DOUB.
Pl. 8, fig. 4

196 - Triquitrites perornatus PI-RADONDY et DOUBINGER
pl. 2, fig. 2-3.

Les spores appartenant à cette espèce ont une forme triangulaire, les angles sont tronqués et épaissis, les côtés rectilignes ou légèrement concaves. Elles mesurent 40 x 45 µ. L'exine porte des granules et des verrues de dimension variable pouvant atteindre 6 µ de diamètre. Ces ornements sont répartis de façon irrégulière, ils sont plus denses le long des branches de la marque

triradiée et autour des épaississements angulaires. Cette forme, très abondante à Epinac les Mines, présente quelques ressemblances avec T. sculptilis BALME, mais elle est plus nettement tronquée aux angles et les ornements sont moins denses et groupés par zone.

Triquitrites sculptilis BALME
Pl. 8, fig. 5-6

1952 Triquitrites sculptilis BALME
pl. 17, fig. 326

1959 Triquitrites sculptilis BALME in ALPERN
p. 146, pl. 6, fig. 146-147

Les formes appartenant à cette espèce sont triangulaires et mesurent de 45 à 50 µ. L'exine, épaissie aux sommets, est ornementée sur toute la surface par de grosses verrues. L'ensemble prend l'aspect d'un reticulum négatif. La marque triradiée est égale au rayon de la spore. Cette espèce se distingue de Lophotriletes verrucosus par ses ornements et ses épaississements.

Triquitrites triturgidus (LOOSE) POT. et KR.
Pl. 8, fig. 7

1932 Sporonites triturgidus LOOSE in POTONIE, IBRAHIM
p. 449, pl. 18, fig. 32 et LOOSE

1934 Valvisisporites triturgidus LOOSE
p. 151

1956 Triquitrites triturgidus (LOOSE) POTONIE et KREMP
p. 91, pl. 17, fig. 325

Cette espèce comprend des spores de forme triangulaire très concave mesurant 35 µ environ, le contour est net, les sommets épaissis forment des auricules. La marque triradiée est égale aux deux tiers de la longueur du rayon de la spore.

Triquitrites verrucosus ALPERN
Pl. 8, fig. 8-9

1959 Triquitrites verrucosus ALPERN
p. 146, pl. 6, fig. 148-149

Les spores appartenant à cette espèce sont de forme triangulaire convexe. Leurs dimensions varient de 30 à 54 µ. L'exine est ornementée de cônes aussi hauts que larges pouvant atteindre 4 µ de diamètre. Les sommets arrondis paraissent légèrement épaissis,

parfois deux sommets seulement présentent un épaississement. Les branches de la marque trilète sont flexueuses ; elles peuvent atteindre l'épaississement et même s'y prolonger.

Cette espèce, toutefois, ne peut pas être confondue avec les différentes espèces de Triquitrites car les épaississements ne forment pas des auricules nettement prononcés ; de même elle ne peut pas être assimilée à L. mosaïcus à cause de ces mêmes épaississements et des côtés nettement convexes alors qu'ils sont concaves chez L. mosaïcus.

Affinités botaniques :

Des formes présentant les caractères du genre Triquitrites ont été mises en évidence par :

- RENAULT en 1878 chez Botryopteris sp. (Primofilices)
- SAHNI et SITHOLEY en 1945 chez Phlebopteris hirsuta (Matoniacées Filicales)
- SCHOPF en 1938 retrouve les caractères de l'espèce Triquitrites arculatus pour une spore trouvée chez Botryopteris sp.

Genre Mooreisporites NEVES 1958

Espèce-type : Mooreisporites fustis NEVES 1958

Ce genre désigne des spores triangulaires, aux angles plus ou moins tronqués comme chez Triquitrites ; chacun de ces angles porte quelques baculae ou cônes plus ou moins soudés à leur base ; l'exine peut être lisse ou plus ou moins ornée.

Mooreisporites cf. inusitatus (KOS) nov - comb.
Pl. 8, fig. 10

1950 Triquitrites inusitatus KOSANKE
p. 39, pl. 8, fig. 7

1959 Triquitrites inusitatus KOSANKE in ALPERN
p. 148, pl. 6, fig. 142

1962 Mooreisporites sp. KALIBOVA
p. 56, pl. 5, fig. 3 et 4

Nous attribuons à M. inusitatus, avec quelques réserves, une forme qui se distingue de l'espèce de KOSANKE par ses côtés très concaves.

Genre Valvisisporites (IBRAHIM) POTONIE et KREMP 1954

Espèce-type : V. trilobus IBRAHIM 1933

Les spores appartenant à ce genre possèdent des expansions dans les prolongements des lames de la marque triradiée, ces expansions de formes variées, servent à caractériser les espèces différentes.

Valvisisporites auritus POT. et KR.
Pl. 23, fig. 7

1930 Triletes auritus ZERNDT
p. 46, pl. 1, fig. 4-5

1931 Triletes auritus STACH et ZERNDT
p. 1122, fig. 20

1936 Sporites auritus ZERNDT, in SAHABI
p. 40, pl. 2, fig. 5

1946 Triletes auritus ZERNDT, in DIJKSTRA
pl. 3, fig. 16-17

1956 Valvisisporites auritus (ZERNDT) POTONIE et KREMP
p. 94, pl. 6, fig. 38-40-41-43

1965 Valvisisporites auritus (ZERNDT) POTONIE et KREMP
p. 601, pl. XVIII, fig. 6-7-8 in de TOSECQ

Les spores appartenant à cette espèce mesurent de 700 à 1.000 µ. Leur forme est triangulaire convexe, les sommets sont prolongés par des expansions semi-circulaires. Les branches de la marque triradiée se prolongent jusqu'à la base des expansions. L'exine est lisse.

Valvisisporites flavus (STACH et ZERNDT) POT. et KR.
Pl. 23, fig. 8

1931 Triletes flavus STACH et ZERNDT
p. 1122, pl. 2, fig. 18

1932 Sporonites silvanus IBRAHIM
p. 448, pl. 15, fig. 22

1933 Laevigatisporites silvanus IBRAHIM
p. 20, pl. 2, fig. 22

1934 Sporites silvanus (IBRAHIM) WICHER
p. 174, pl. 8, fig. 5-8

1956 Valvisisporites flavus (STACH et ZERNDT) POTONIE
p. 95, pl. 6, fig. 39, 42 et KREMP

1965 Valvisisporites flavus (STACH et ZERNDT) POTONIE
p. 601, pl. XVIII, fig. 9 et KREMP in de TOSECQ

Les spores de cette espèce ont une forme arrondie ; elles mesurent de 1.100 à 1.500 µ. L'équateur est marqué par un épais bourrelet. Les branches de la marque triradiée ont également la forme d'un bourrelet et atteignent l'équateur.

Affinités botaniques :

Des formes présentant les caractères du genre Valvisisporites ont été reconnues par :

- CHALONER en 1953 et en 1958 chez Lepidostrobus zea (Polysporia mirabilis)
- ABBOTT en 1963 chez Lepidostrobopsis missouriensis

De plus, une microspore ayant les caractères des Endosporites a été reconnue par CHALONER en même temps que la mégaspore Valvisisporites chez Polysporia mirabilis.

Genre Ahrensisporites POTONIE et KREMP 1954

Espèce-type : A. guerickei (HORST) POTONIE et KREMP 1954

Ce genre est caractérisé par des formes triangulaires concaves à sommets arrondis. L'exine est lisse, les épaississements des sommets sont reliés par un arc concave semi-circulaire net, appelé kyrtome.

Ahrensisporites minutus ALP.

Pl. 8, fig. 11

1959 Ahrensisporites minutus ALPERN
p. 171, pl. 7, fig. 158

Cette espèce est représentée par des spores de forme triangulaire concave mesurant 25 µ environ. Les sommets arrondis sont peu épaissis. Le kyrtome est très net, la marque triradiée également. L'exine est lisse.

Affinités botaniques : indéterminées

Zonotriletes Waltz 1935

Genre Lycospora (SCHOPF, WILSON et BENTALL) POTONIE et KREMP 1954

Espèce-type : L. micropapillata (WILSON et COE) SCHOPF, WILSON et BENTALL 1944

Ce genre groupe des spores de forme ronde à tendance triangulaire, à exine ponctuée ou granulée ; le cingulum est régulier et étroit, la marque triradiée est nette, ses branches atteignent le cingulum.

Nous avons pu observer plusieurs espèces :

Lycospora brevijuga KOS.
Pl. 9, fig. 1

1950 Lycospora brevijuga KOSANKE
p. 44, pl. 10, fig. 5

1956 Lycospora brevijuga KOS., in POTONIE
p. 102, pl. 17, fig. 336-338

1959 Lycospora brevijuga KOS., in ALPERN
p. 148, pl. 7, fig. 174

Cette espèce est caractérisée par sa forme ronde à tendance triangulaire, ses dimensions variant de 30 à 40 µ. L'exine est granulaire. Le cingulum étroit et net mesure le sixième du rayon de la spore ; la marque triradiée nette atteint le cingulum.

Lycospora punctata KOS.
Pl. 9, fig. 3-4

1950 Lycospora punctata KOSANKE
p. 45, pl. 10, fig. 3

Cette spore est de forme subtriangulaire ; elle possède un cingulum de largeur irrégulière variant de 2 à 3 µ entouré d'une zone large de 2 µ environ. L'exine est souvent plissée, la fente trilète est nette et arrive jusqu'au cingulum, l'exine est couverte de grains de 1 µ environ. La spore mesure habituellement de 30 à 35 µ.

Lycospora pseudoannulata KOS.
Pl. 9, fig. 5-6

1950 Lycospora pseudoannulata KOSANKE
p. 45, pl. 10, fig. 7

1956 Lycospora pseudoannulata, KOS. in POTONIE
p. 103, pl. 17, fig. 345-346.

Les spores de cette espèce mesurent de 38 à 40 µ et ont une forme triangulaire très convexe. L'exine porte des granules de 1 à 2 µ de diamètre. Le cingulum a environ 2 à 4 µ d'épaisseur ; il est entouré par une zone claire large de 3 à 4 µ. Les branches de la marque triradiée atteignent l'équateur de la spore.

Affinités botaniques :

Les formes présentant les caractères des Lycospora ont été trouvées par :

- CARBUTHERS en 1865 et MOORE en 1946 chez Lepidostrobus ornatus BRONG
- KNOX en 1938 chez Lepidostrobus jacksoni (ARBER)
- KRAUSEL et WEYLAND en 1937 chez Lycopodites oosensis (Lycopodiales)
- FELIX en 1954 chez Lepidocarpon sp.

Les caractères de l'espèce ont pu être précisés par :

- ANDREWS et PANNELL 1942 et FELIX en 1954 chez Lepidocarpon magnificum où la forme est semblable à Lycospora papillata.

Parfois ces auteurs ont également mis en évidence chez des végétaux hétérosporés, les mégaspores correspondantes, c'est le cas de :

- FELIX en 1954, qui observe chez Lepidostrobus diversus des microspores présentant les caractères de Lycospora rugosa, ainsi que des mégaspores du type Cystosporites varius.

- De même SEN en 1957 signale chez Lepidostrobus goldenbergii (SCHIMPER) (Lepidodendrales) des microspores présentant les caractères de l'espèce Lycospora parva et des mégaspores présentant les caractères du genre Bentzisporites.
- POTONIE et KREMP en 1956 voient des microspores ressemblant aux Lycospora chez Lepidostrobus sp. (Lepidodendrales) alors que ARNOLD en 1949 trouve chez le même végétal une forme de mégaspore ayant les caractères de Lagenoïsporites rugosus.

Genre Lundbladispora BALME 1963

Espèce-type : L. Willmotti BALME 1963

Les formes de ce genre sont caractérisées par un épaississement équatorial et des granules sur l'ensemble de l'exine.

Lundbladispora gigantea ALP.
Pl. 9, fig. 8-9

1959 Lycospora gigantea ALPERN
p. 171, pl. 7, fig. 181

1964 Lundbladispora gigantea PEPPERS
p. 26

Les spores de cette espèce sont de forme ovale et mesurent de 60 à 72 µ. L'exine est ornementée sur toute sa surface par des grains de 2 à 3 µ de large. Le cingulum est peu épais, parfois indistinct ; il peut atteindre 10 µ de large. La marque trilète est nette, les lèvres proéminentes dans la partie centrale sont peu visibles au bord. Il peut y avoir un épaississement circulaire entre chaque branche de la marque triradiée.

Cette espèce est voisine de L. simoni PEPPERS.

Lundbladispora sp.
Pl. 9, fig. 7

Cette spore est de forme ovale et mesure 40 x 45 µ. Elle se différencie de l'espèce précédente par sa taille plus petite. La marque triradiée est nette, ses branches sont égales à la moitié de la longueur du rayon de la spore, l'area contagionis est plus sombre.

Affinités botaniques :

Des spores présentant les caractères du genre Lundbladispora, ont été trouvées par SCHOPF 1941, dans Mazocarpon oedipterum (Lycopodiacées).

Genre Cadiospora KOSANKE 1950

Espèce-type : C. magna KOSANKE 1950

Les spores appartenant à ce genre sont rondes et mesurent de 60 à 100 µ. Le cingulum net est assez large ; la fente trilète rejoint le cingulum en se recourbant et en formant des crêtes arquées, les lèvres sont épaisses et l'apex surélevé.

Cadiospora magna KOS.
Pl. 9, fig. 10

1950 Cadiospora magna KOSANKE
p. 50, pl. 16, fig. 1

Les spores appartenant à cette espèce sont de forme ronde et mesurent 58 x 63 µ. La marque triradiée est égale aux deux tiers de la longueur du rayon de la spore, elle s'élargit aux extrémités pour rejoindre le cingulum en formant des curvaturae imperfectae. L'exine est lisse sur la face distale et irrégulièrement ornée sur la face proximale de granules ou de cônes. Elle est parfois légèrement plissée.

Affinités botaniques : non déterminées

Genre Gravisporites BHARDWAJ 1954

Espèce-type : G. sphaera (BUTTERWORTH et WILLIAMS) BHARDWAJ 1954

Le genre Gravisporites est composé de spores triangulaires convexes munies d'un cingulum équatorial. La marque trilète, bordée d'un bourrelet plat et large, atteint le cingulum où elle est nettement tronquée. Ce genre a été réuni à tort par BHARDWAJ au genre Cadiospora KOSANKE, qui s'en distingue essentiellement par les curvaturae imperfectae.

Gravisporites sphaera BUTT. et WILL.

Pl. 9, fig. 11

1954 Gravisporites sphaera (BUTT. et WILL.) BHARDWAJ
p. 514, fig. 2 non fig. 1

1955 Gravisporites sphaera (BUTT. et WILL.) BHARD.
p. 129, fig. 4 non fig. 5

Les formes que nous attribuons à cette espèce en les distinguant des Cadiospora sont triangulaires convexes ou concaves. Elles mesurent 45 µ dans leur plus grande dimension. Elles ont un cingulum plat de 4 µ de large. Les branches de la marque triradiée tronquées par le cingulum, sont bordées d'un bourrelet plat et large de 3 à 4 µ. L'exine est ponctuée.

Les formes appartenant au genre Cadiospora sont plus arrondies, les branches de la marque triradiée ne sont pas nettement tronquées, elles sont bordées par un bourrelet plus étroit, proéminent et irrégulièrement ondulé. De plus, l'exine est granuleuse.

Cette espèce ressemble aussi à certaines spores rangées par ALPERN dans le genre Polymorphisporites (P. laevigatus ALP.) qui ont un contour plus circulaire.

Affinités botaniques : inconnues

Genre Angulisporites BHARDWAJ 1954

Espèce-type : A. splendidus BHARDWAJ 1954

Les spores qui caractérisent ce genre sont de forme triangulaire convexe, le cingulum est large, la marque trilète atteint le bord de la spore.

Nous avons pu observer une espèce :

Angulisporites splendidus BHARD.
Pl. 9, fig. 12

1954 Angulisporites splendidus BHARDWAJ
p. 516

1964 Angulisporites splendidus BHARD. . in DOUBINGER
p. 231, pl. 1, fig. 12

Les spores qui constituent cette espèce sont de forme triangulaire très convexe à exine granulaire et mesurent 67 x 72 µ. Elles possèdent un large cingulum bordé lui-même d'un étroit épaississement périphérique. La fente trilète atteint l'équateur.

Affinités botaniques : indéterminées

Genre Westphalensisporites ALPERN 1959

Espèce-type : W. irregularis ALPERN 1959

Ce genre comprend des spores triangulaires mesurant de 25 à 45 µ. Le cingulum est large et plat, le contour plus ou moins irrégulier.

Westphalensisporites cf irregularis ALP.
Pl. 10, fig. 1

1959 Westphalensisporites irregularis ALPERN
p. 149, pl. 7, fig. 188-193

Cette forme est caractérisée par des spores triangulaires concaves mesurant de 35 à 40 µ. Le cingulum est très large et très irrégulièrement ornementé. La partie centrale est claire, l'area contagionis nette ; les surfaces de contact portent quelques ponctuations.

Affinités botaniques : indéterminées

Genre Trivolites PEPPERS 1964

Espèce-type : Tr. laevigata 1964

PEPPERS a proposé la création de ce genre pour grouper des spores triletes de contour triangulaire arrondi ou tronqué aux angles ; les côtés sont droits ou légèrement concaves.

Les branches de la marque triradiée sont nettes et s'arrêtent un peu avant d'aboutir au bord de la spore ; elles peuvent être bordées de lèvres assez nettes sur la face proximale, les aires de contact sont épaissies et nettement délimitées vers l'extérieur, leur épaisseur diminue graduellement vers l'intérieur.

Trivolites granulata PI-RAD. et DOUB.
Pl. 10, fig. 2

1967 Trivolites granulata PI-RADONDY et DOUBINGER
pl. 2, fig. 4

Sont groupées dans cette nouvelle espèce des spores très proches de Tr. laevigata PEPPERS, dont elles se distinguent surtout par leur exine recouverte de granules fins et denses.

De plus, les dimensions moyennes 35 µ sur 33 µ sont un peu inférieures à celles de Tr. laevigata, 35 à 45 µ.

Affinités botaniques : indéterminées.

Genre Firmysporites PI-RAD. et DOUB. 1967

Espèce-type : F. irregularis PI-RADONDY et DOUBINGER 1967

Nous groupons dans ce genre des spores nettement triangulaires, formées d'un corps central qu'entourent des crassitudes de forme variable, et de contour irrégulier, parfois soudées et donnant l'apparence d'un cingulum. Sur le corps central on voit un ou plusieurs épaississements de forme également variable. L'exine est lisse. Suivant le développement des crassitudes, ce genre peut présenter des ressemblances soit avec Westphalensisporites, soit avec Simozonotriletes, ou encore Triquitrites ; mais toutes les formes ayant été rencontrées dans un même niveau, nous les attribuons toutes à un même genre.

Firmysporites irregularis PI-RAD. et DOUB.
Pl. 10, fig. 4

1967 Firmysporites irregularis PI-RADONDY et DOUBINGER
pl. 3, fig. 1-2-3-4.

Cette espèce comprend des spores triangulaires mesurant 35 µ environ pour la plus grande dimension ; la marque trilète est nette, ses branches mesurent 13 µ environ. Sur une partie de la périphérie, on voit plusieurs épaississements de couleur plus foncée, plus ou moins soudés ; un autre épaississement occupe une partie du corps central. La spore figurée par ALPERN (pl. 17, fig. 194 1959) semble appartenir à cette espèce.

Affinités botaniques : inconnues

Genre Densosporites (BERRY) POTONIE et KREMP 1954

Espèce-type : D. coensis BERRY 1937

Ce genre est caractérisé par des formes rondes ou triangulaires convexes. L'exine de la partie centrale est lisse, infraponctuée ou verruqueuse. Le cingulum large et épais peut présenter une structure variable. La marque triradiée est très variable également. Elle peut être courte, ou arriver jusqu'au cingulum ou même jusqu'à l'équateur de la spore, fine, rectiligne ou flexueuse.

Densosporites cf. aseki POT. et KR.
Pl. 10, fig. 5

1956 Densosporites aseki POTONIE et KREMP
p. 116, pl. 18, fig. 379.

Les spores qui composent cette espèce mesurent 50 x 65 µ , elles ont une forme triangulaire convexe. Le cingulum est épais et étroit (4-6 µ de largeur). Il est ornementé et porte une cinquantaine de dents, de 3 µ de longueur sur l'équateur. La marque triradiée est peu visible.

Affinités botaniques :

Des formes présentant les caractères du genre Densosporites ont été mises en évidence par BHARDWAJ en 1958 chez les Lycopsidae.

Densosporites granulosus KOS.
Pl. 10, fig. 6-7.

1950 Densosporites granulosus KOSANKE
p. 32, pl. 6, fig. 8

Les spores de cette espèce ont une forme ovale ou arrondie ; elles mesurent de 45 à 56 µ. Le cingulum est épais et porte de petites dents visibles sur l'équateur ; la partie centrale est granuleuse, la marque triradiée est visible, ses branches arrivent au voisinage du cingulum.

Densosporites major ALP
Pl. 10, fig. 8-9-10.

1959 Densosporites major ALPERN
p. 149, pl. 9, fig. 223-224.

Les spores de cette espèce sont de forme ronde ou allongée ou à tendance triangulaire. Elles mesurent de 100 à 160 µ, mais à Carmaux nous en avons souvent observées de plus petites (50 à 90 µ). Le cingulum présente un aspect lisse avec une zone interne sombre et une zone externe claire, sans limite tranchée, son contour est irrégulier, il mesure de 10 à 30 µ. La zone centrale est plissée et infraréticulée.

Densosporites sphaerotriangularis KOS.
Pl. 11, fig. 1-2.

1950 Densosporites sphaerotriangularis KOSANKE
p. 33, pl. 6, fig. 7.

1956 Densosporites sphaerotriangularis KOS.
p. 20, pl. 18, fig. 395-399.

Cette espèce est caractérisée par des spores de forme triangulaire très convexe à sommets arrondis, elles mesurent de 40 à 65 µ de diamètre, le cingulum atteint 6 à 15 µ de largeur, il est égal au diamètre de la zone centrale; il présente une zone interne sombre et une zone claire, sans limite nettement tranchée ; la zone centrale est infraréticulée. La marque trilète est parfois peu visible ; quand elle est apparente, elle peut atteindre le cingulum.

Densosporites triangularis KOS.
Pl. 11, fig. 3

1950 Densosporites triangularis KOSANKE
p. 34, pl. 7, fig. 1

Ces spores sont de forme triangulaire, arrondie et mesurent de 40 à 55 µ. L'exine est granulaire. Le cingulum, plus large sur les sommets que sur les côtés, est ornementé de quelques épines.

Genre Cristatisporites (POTONIE et KREMP) BUTTERWORTH, JANSONIUS, SMITH et STAPLIN 1964

Espèce-type : C. indignabundus (LOOSE) POTONIE et KREMP 1954

Ces spores sont de forme ronde ou triangulaire très convexe ; elles possèdent la plupart du temps un large cingulum très ornementé de lobes ou de crêtes, ou de cônes plus ou moins pointus, alignés parallèlement à l'équateur.

Cristatisporites alperni FRANK, STAP. et JANS
Pl. 11, fig. 4.

1964 Cristatisporites alperni FRANK, STAPLIN et JANSONIUS
p. 109, pl. 19, fig. 21-24, pl. 20, fig. 1-8, text-fig. 2e.

Cette espèce est caractérisée par des formes rondes ou à tendance triangulaire mesurant de 50 à 55 µ. Le cingulum est épais, il est égal au rayon du corps central (12 µ environ). La zone centrale est verruqueuse, ou fortement granulaire ; la marque triradiée est peu visible.

Cristatisporites lobatus (KOS.) nov. comb.
Pl. 11, fig. 5

1950 Densosporites lobatus KOSANKE
p. 32, pl. 6, fig. 4-5

1956 Densosporites lobatus KOS., in POTONIE
p. 118, pl. 18, fig. 393-394

1959 Densosporites lobatus KOS., in ALPERN
p. 149, pl. 8 , fig. 205

Cette espèce possède des spores de forme ronde, de 50 à 55 µ de diamètre. Le cingulum mesure environ 15 µ de large ; il est à peu près égal au rayon du corps central. La marque trilète n'est pas visible en général. Si elle est visible, ses branches sont longues et noueuses. Le corps central est couvert d'ornements verruqueux ou de granules ; le cingulum est ornementé ; il présente une structure en lobe ; il possède une partie sombre et une partie claire concentrique.

Cristatisporites cf. solaris (BALME) BUTT. et SMITH
Pl. 11, fig. 6

1952 Densosporites solaris BALME
p. 175 et 178, fig. a-b

1956 Densosporites solaris BALME, in POTONIE
p. 119, pl. 18, fig. 380-381

1964 Cristatisporites solaris (BALME) BUTTERWORTH et SMITH
p. 1053, pl. 1, fig. 16-19

Cette espèce possède des spores de forme triangulaire, arrondie, de 55 à 62 µ de diamètre. Le cingulum est large (environ 14 µ) ; il porte 30 à 35 dents sur le pourtour de la spore ; il est entièrement ornementé sans présenter de parties claires et de parties foncées. La zone centrale est granulaire. Les branches de la marque trilète atteignent le cingulum.

Cristatisporites sp.
Pl. 11, fig. 7

Les formes observées sont triangulaires convexes et mesurent 60 µ. L'exine est ornementée de cônes de 5 à 10 µ de haut et de 6 µ de large, alignés parallèlement à l'équateur. Les branches de la marque triradiée sont flexueuses et leur longueur est sensiblement la même que celle du rayon de la spore. Cette forme ressemble à C. elegans de BHARDWAJ mais elle est plus triangulaire.

Affinités botaniques :

Des formes présentant les caractères du genre Cristatisporites ont pu être mises en évidence par BHARDWAJ en 1958 chez Porostrobus zeilleri. Les caractères observés ont pu même permettre de préciser le nom de l'espèce : Cristatisporites lobatus.

Chez Selaginellites canonbiensis BALME reconnaît des formes ayant les caractères de Cristatisporites solaris et CHALONER des formes ayant les caractères de Cristatisporites loricatus.

Genre Cingulizonates (DYBOVA et JACHOWICZ) BUTTERWORTH, JANSONIUS, SMITH et STAPLIN.

Espèce-type : C. tuberosus DYBOVA et JACHOWICZ 1957

Les spores du genre Cingulizonates sont caractérisées par une zone claire entourant le cingulum et ayant à peu près la même largeur que lui.

Cingulizonates sp.
Pl. 11, fig. 8

Les Cingulizonates observées sont de forme triangulaire très arrondie et mesurent de 60 à 75 µ. Le cingulum a environ 10 µ de large ; il est entouré par une zone claire de même largeur. L'exine est entièrement recouverte de gros granules irrégulièrement disposés.

Affinités botaniques :

CHALONER en 1958 a pu mettre en évidence chez Selaginellites canonbiensis des microspores présentant les caractères de l'espèce Cingulizonates loricatus. Il a mis en évidence dans le même végétal les mégaspores ayant les caractères du genre Setosisporites.

Genre Coronatisporites CORSIN LAVEINE 1962

Zonalisporites (IBRAHIM) POTONIE et KREMP 1954

Espèce-type : Z. brasserti (STACH et ZERNDT) POTONIE et KREMP 1954

Les mégaspores appartenant à ce genre possèdent un anneau continu formé de fibrilles radiaires accolées. Les crêtes triradiaires sont longues, légèrement sinueuses.

Coronatisporites brasserti (STACH et ZERNDT) LEV., CAR. et LOB.
Pl. 23, fig. 9-10

1931 Triletes brasserti STACH et ZERNDT
p. 1123, fig. 29

1954 Zonalesporites brasserti (STACH et ZERNDT)
p. 122 , pl. 7, fig. 52-56 POTONIE et KREMP

1962 Coronatisporites brasserti (STACH et ZERNDT)LEVET,
p. 252, pl. 22, fig. 1 CARETTE et LOBOZIAK

Les spores de cette espèce sont de forme ronde ou légèrement triangulaire . Elles mesurent de 1000 à 1800 µ. Les marques triradiaires sont très légèrement sinueuses ou droites. Les surfaces de contact et la face distale sont lisses. Les fibrilles de l'anneau sont plus ou moins rapprochées.

Coronatisporites ovalis (STACH et ZERNDT) de TOS. et DOUB.
Pl. 23, fig. 11

1931 Triletes ovalis STACH et ZERNDT
p. 1122, fig. 24

1956 Zonalesporites ovalis (STACH et ZERNDT) POTONIE
p. 123, pl. 8, fig. 57-60 et 62 et KREMPT

1962 Coronatisporites ovalis (STACH et ZERNDT) DE TOSECQ
p. 601, pl. XX, fig. 7 à 11 et DOUBINGER

Les spores de cette espèce mesurent environ 1000 µ. Elles sont de forme ovale. Le cingulum n'est pas régulier, il est plus large par endroit et granuleux. Les crêtes radiaires sont sinueuses. Les surfaces de contact et la face distale sont à peu près lisses.

Affinités botaniques :

Des formes présentant les caractères de Coronatisporites ont été mises en évidence en 1938 par DARRACH chez Selaginella auresiana DAR. De plus, CHALONER a mis en évidence des mégaspores présentant les caractères de Coronatisporites en même temps que des microspores présentant les caractères du genre Densosporites chez des Lycopodiales (travaux non publiés).

Genre Bentzisporites POTONIE et KREMP 1954

Espèce-type : B. bentzii POTONIE et KREMP 1954

Les spores appartenant à ce genre mesurent de 300 à 450 µ et sont de forme ronde. La marque trilète atteint l'équateur. Les surfaces de contact et la face distale sont recouvertes de papilles.

On a pu observer trois espèces appartenant à ce genre.

Bentzisporites bergouniouxi DE TOS. et DOUB.
Pl. 23, fig. 12

1966 Bentzisporites bergouniouxi DE TOSECQ et DOUBINGER
p. 601, pl. XX, fig. 6

Les mégaspores appartenant à cette espèce sont de forme triangulaire à bord convexe et mesurent de 1430 à 1480 µ. L'arête triradiaire est nette et régulière, la dimension des branches est supérieure à la moitié de la longueur du rayon de la spore. La face proximale est lisse, bordée par un double cordon. La face distale est concave et granuleuse sur les bords.

Bentzisporites luxatus BHARD
Pl. 23, fig. 13

1957 Bentzisporites luxatus BHARDWAJ
p. 107, pl. 28, fig. 7-12

1965 Bentzisporites luxatus BHARDWAJ in DE TOSECQ et
p. 607, pl. XXI, fig. 7-8-9 DOUBINGER

Les mégaspores appartenant à cette espèce sont de forme triangulaire convexe et mesurent de 340 à 440 µ de diamètre ; la spore est entourée par une bordure équatoriale, la marque triradiée atteint la bordure de la spore ; la face proximale est lisse, entre les branches de la marque triradiée, la face distale est couverte de protubérances irrégulières.

Bentzisporites tricollinus (ZERNDT) POT. et KR.
Pl. 23, fig. 14

1937 Triletes tricollinus ZERNDT
pl. 13, fig. 3-9

1955 Bentzisporites tricollinus POTONIE et KREMP
p. 338, pl. 38, fig. 17-18 in DIJKSTRA

1956 Bentzisporites tricollinus POTONIE et KREMP
p. 124

1967 Bentzisporites tricollinus POTONIE et KREMP in
p. 606, pl. XXI, fig. 10 DE TOSECQ et DOUBINGER

Les mégaspores de cette espèce sont relativement petites. Leur dimension varie de 300 à 450 µ. Elles sont de forme triangulaire convexe. La marque triradiée atteint l'équateur et s'épaissit à l'extrémité. Les surfaces de contact et la face distale sont couvertes de papilles. La frange équatoriale est étroite et irrégulière.

Affinités botaniques :

Des formes présentant les caractères du genre Bentzisporites ont été trouvées par HALLE en 1907 et SEN en 1958 chez Selaginellites elongatus GOLD. De plus des formes ayant les caractères de l'espèce Bentzisporites margaritaceus ont été trouvées par SEN en 1958 chez Lepidostrobus goldenbergii SCHIMP en même temps que des microspores ayant les caractères des Lycospora.

Genre Reinschospora SCHOPF, WILSON et BENTALL 1944

Espèce-type : R. speciosa (LOOSE) SCHOPF, WILSON et BENTALL 1944

Ce genre est caractérisé par des formes triangulaires bordées par une frange équatoriale fibreuse, plus développée sur les côtés que sur les sommets. Les fibres de la frange sont nettement individualisées.

Nous avons observé une seule espèce appartenant au genre Reinschospora.

Reinschospora magnifica KOS.
Pl. 11, fig. 9

1950 Reinschospora magnifica KOSANKE
p. 42, pl. 10, fig. 2

1959 Reinschospora magnifica KOS., in ALPERN
p. 152, pl. 10, fig. 246

Cette espèce est caractérisée par des formes triangulaires à bords nettement concaves, mesurant 55 µ dans leur plus grande dimension. Les côtés sont bordés d'une frange formée de fibrilles mesurant 15 µ au maximum. La marque triradiée est nette et atteint les trois quarts de la longueur de la spore.

Affinités botaniques : non déterminées.

Genre Polymorphisporites ALPERN 1959

Espèce-type : P. laevigatus ALPERN 1959

Ce genre est caractérisé par des spores à cingulum large et épais, à exine épaisse de couleur brun foncé, ces caractères étant constants, cependant que la forme générale, l'allure de la marque trilète, la structure et l'ornementation de l'exine, la structure et l'ornementation du cingulum, les plis et les épaississements, sont des éléments très variables, qui justifieront peut être par la suite un éclatement de ce genre.

Polymorphisporites densus ALP.
Pl. 12, fig. 1

1959 Polymorphisporites densus ALPERN
p. 151, pl. 9, fig. 232-234.

Les spores de cette espèce sont de forme triangulaire concave et mesurent de 45 à 56 µ ; l'exine est épaisse et irrégulièrement ornementée ; la marque triradiée est dissymétrique ; le cingulum se prolonge par un bourrelet entourant les branches de la marque trilète.

Polymorphisporites laevigatus ALP.
Pl. 12, fig. 2

1959 Polymorphisporites laevigatus ALPERN
p. 151, pl. 9, fig. 217-231

1964 Polymorphisporites laevigatus ALP. in DOUBINGER
pl. 1, fig. 9

Cette espèce est caractérisée par des spores de forme triangulaire arrondie, triangulaire convexe et même parfois concave à sommets arrondis, mesurant 50 µ. L'exine est lisse, légèrement tachetée. Le cingulum est irrégulier. Certaines formes triangulaires sont épaissies au sommet. Parfois la fente trilète est dissymétrique, une branche est courte, les autres rejoignent le cingulum.

Polymorphisporites ornatus ALP.
Pl. 12, fig. 3

1959 Polymorphisporites ornatus ALPERN
p. 151, pl. 9, fig. 238

Cette espèce présente des spores de forme triangulaire concave à sommets arrondis mesurant de 52 à 60 µ. Le cingulum est irrégulier, il peut s'épaissir aux sommets. L'exine est tachetée, infraréticulée et ornée de protubérances plus larges que hautes.

Polymorphisporites reticuloïdes ALP.
Pl. 12, fig. 4

1959 Polymorphisporites reticuloïdes ALPERN
p. 151, pl. 9, fig. 235-237

Cette espèce comprend des spores de forme ronde ou triangulaire convexe mesurant de 75 à 85 µ. L'exine est finement sculptée, elle porte des cloisons sinueuses, assez larges pouvant atteindre 3 µ et plus ou moins anastomosées en réseau. Le cingulum est aussi sculpté, ce qui donne à la spore un contour irrégulier ; le cingulum peut être interrompu. La fente trilète est parfois peu nette. Quant elle est visible, elle est nette, fine et rectiligne, elle arrive jusqu'au cingulum.

Affinités botaniques : indéterminées

Genre Cirratriradites WILSON et COE 1940

Espèce-type : C. saturni (IBRAHIM) SCHOPF, WILSON et BENTALL

C. Maculatus WILSON et COE 1940

Ce genre comprend des spores de forme triangulaire convexe, entourée d'une zone large et claire ; on peut distinguer une ou plusieurs foveae polaires. La marque triradiée atteint l'équateur.

Cirratriradites saturni IBR.
Pl. 12, fig. 5-6

1932 Sporonites saturni IBRAHIM in POTONIE, IBRAHIM
p. 448, pl. 15, fig. 14 et LOOSE

1933 Zonalesporites saturni IBRAHIM
p. 30, pl. 2, fig. 14

1940 Cirratriradites maculatus WILSON et COE
p. 183, pl. 1, fig. 7

1956 Cirratriradites saturni (IBRAHIM) SCHOPF, WILSON
p. 128, pl. 18, fig. 411-415 et BENTALL in POTONIE

Cette espèce comprend des spores mesurant de 80 à 90 µ de forme ronde à tendance triangulaire. On distingue unefoveae polaire de forme ronde. La marque triradiée atteint presque toujours le bord de la spore.

Affinités botaniques :

Des formes présentant les caractères du genre Cirratriradites ont été observées par divers auteurs :

- ZEILLER en 1900 isole des formes de ce type chez Selaginellites suissei.

On a de même pu parfois donner les caractères des espèces. De plus, les microspores ont été trouvées chez les végétaux hétérospores et les mégaspores correspondantes ont été souvent observées :

- HOSKINS et ABBOTT, en 1956, chez Selaginellites crassicinctus, mettent en évidence des formes de l'espèce Cirratriradites annulatus en même temps qu'une mégaspore du type Triangulatisporites triangulatus.
- CHALONER, en 1954, a reconnu les mêmes espèces de microspores et de mégaspores, chez Selaginellites suissei, synonyme de Selaginellites (al Lycopodites) ZEILLER.

Monoletes IBRAHIM 1933

Azomonoletes Luber 1935

Genre Laevigatosporites IBRAHIM 1933

Espèce-type : L. vulgaris IBRAHIM 1933

Ce genre comprend des spores ovales ou réniformes, à exine lisse ou infraponctuée, à fente monolète.

On a pu déterminer plusieurs espèces, parmi lesquelles :

Laevigatosporites densus ALP.
Pl. 13, fig. 1

1959 Laevigatosporites densus ALPERN
p. 153, pl. 11, fig. 271-273

Les spores de cette espèce mesurent de 60 à 105 µ. Elles sont de forme ovale, allongée ; elles portent une marque monoradiée ; l'exine est lisse mais épaisse. On peut observer la présence d'un bourrelet équatorial et d'un ou plusieurs bourrelets transversaux et longitudinaux.

Laevigatosporites desmoinesensis (WILS. et COE)
Pl. 13, fig. 2 SCHOPF, WILS. et BENT.

1940 Phaseolites desmoinesensis WILSON et COE.
p. 182, pl. 1, fig. 4

1944 Laevigatosporites desmoinesensis (WILSON et COE)
p. 37 SCHOPF, WILSON et BENTALL

1956 Laevigatosporites desmoinesensis (WILS. et COE)
p. 139, pl. 19, fig. 425-428 SCHOPF, WILS. et BENT. in POTONIE

Cette espèce est caractérisée par des spores mesurant de 45 à 70 µ, de forme ovale, à exine plus fine et assez lisse, pouvant présenter un pli. La marque monoradiée rectiligne, est nette.

Laevigatosporites maximus LOOSE
Pl. 13, fig. 3

1934 Laevigatosporites vulgaris maximus LOOSE
p. 158, pl. 7, fig. 11

1956 Laevigatosporites maximus (LOOSE) POTONIE et KREMP
p. 138, pl. 19, fig. 420-421

Cette espèce comprend des spores réniformes mesurant de 100 à 130 µ. L'exine est ponctuée. La marque monoradiée peut être soulignée par un épaississement.

Laevigatosporites medius KOS.
Pl. 13, fig. 4-5

1950 Laevigatosporites medius KOSANKE
p. 29, pl. 16, fig. 2

1956 Laevigatosporites medius KOS., in POTONIE
p. 19, fig. 423

Les spores de cette espèce mesurent de 35 à 45 µ. Elles sont ovales, à exine infraponctuée, à marque monoradiée rectiligne.

Laevigatosporites minimus WILS. et COE
Pl. 13, fig. 6

1940 Phaseolites minimum WILSON et COE
p. 183, fig. 5

1944 Laevigatosporites minimum (WILSON et COE) SCHOPF
p. 37 WILSON et BENTALL

1956 Laevigatosporites minimus (WILS. et COE) SCHOPF,
p. 138, pl. 19, fig. 423 WILS. et BENT. in POTONIE

Cette espèce est caractérisée par des spores de forme ovale allongée, mesurant de 20 à 35 µ. L'exine est infraponctuée, la marque monoradiée est rectiligne.

Laevigatosporites vulgaris IBR.
Pl. 13, fig. 7

1933 Laevigato-sporites vulgaris IBRAHIM
p. 39, pl. 2, fig. 16

1956 Laevigatosporites vulgaris IBRAHIM in POTONIE
p. 139, pl. 19, fig. 429 à 434

Les spores de cette espèce sont ovales et mesurent de 70 à 100 µ.

Affinités botaniques :

Des formes présentant les caractères du genre Laevi-

gatosporites ont été trouvées par :

- REED en 1938 chez Asterophyllites (al Calamocladus) multifolia REED (Equisetales).
- MAMAY en 1950 chez Cyathotrachus altissimus (Marattiales)
- ANDREWS et MAMAY en 1951 chez Bowmanites bifurcatus (al Sphenophyllostachys) Sphenophyllales.
- KOSANKE 1950, MAMAY 1950, BHARDWAJ HARI PALL SINGH et REMY en 1961, chez certaines Filicinées.
- REMY, BARDWAJ et HARI PALL SINGH en 1961 chez certaines Marattiales.
- REED (1938) ANDREW et MAMAY (1952) DOUBINGER (1961) chez des Calamitales.

Genre Latosporites POTONIE et KREMP 1954

Espèce-type : L. (Laevigat.) latus (KOSANKE) POTONIE et KREMP 1954

Les spores appartenant à ce genre ressemblent par leur couleur et l'épaisseur de l'exine aux Laevigatosporites dont elles diffèrent cependant par la forme plus arrondie. L'autonomie de ce genre est très discutable. Les limites avec le genre Laevigatosporites étant imprécises. Dans les comptages, les formes qui s'y rattachent, ont été réunies au genre Laevigatosporites.

Latosporites latus KOS.
Pl. 14, fig. 1

1950 Laevigatosporites latus KOSANKE
p. 89, pl. 5, fig. 11

1956 Latosporites latus (KOSANKE) POTONIE et KREMP
p. 141, pl. 19, fig. 436-437

Cette espèce groupe des spores rondes mesurant environ 70 µ de diamètre. L'exine est infraponctuée et ressemble à celle des Laevigatosporites. La marque monoradiée est nette.

Affinités botaniques :

Des formes présentant les caractères des Latosporites ont été mises en évidence par :

- NATHORST en 1908 chez Asterotheca meriani (al Pecopteris) (Marattiales).

- BHARDWAJ et SINGH en 1956 chez le même végétal.
- MOORE en 1946, R. et W. REMY en 1955, W. et R. REMY en 1957 chez Ptychocarpus (al Pecopteris) unitus BRONG (Marattiales). Ces formes pourraient être identifiées comme Laevigatosporites minimus, ce qui souligne la remarque faite à propos du genre Latosporites.

Genre Punctatosporites IBRAHIM 1933

Espèce-type : P. minutus IBRAHIM 1933

Ce genre groupe des spores de forme ovale à exine finement granulaire et à fente rectiligne.

Punctatosporites rotondus BHARD.
Pl. 14, fig. 2-3-4-5

1957 Punctatosporites rotondus BHARDWAJ
p. 111, pl. 29, fig. 16 et 19

Les spores de cette espèce sont rondes ou ovales et mesurent de 20 à 30 µ de diamètre. L'exine est finement granulaire, de couleur sombre. La marque monoradiée est fine et presque égale au diamètre.

Affinités botaniques :

Des formes présentant les caractères de ce genre ont été mises en évidence par :

- ANTEWS en 1919 et HARRIS en 1931 chez Marattiopsis haerensis (SCHIMPER) THOMAS 1913 (Marattiales)
- THOMAS en 1913 et COUPER en 1958 chez Marattiopsis anglica (THOMAS 1913)

Genre Verrucososporites (KNOX) POTONIE et KREMP

(Nous avons conservé le nom de Verrucososporites qui a depuis été remplacé par celui de Thymospora, l'avancement de notre travail ne nous permettant plus cette correction).

Espèce-type : V. (Laevigatosporites) obscurus (KOSANKE) POTONIE et KREMP 1954.

Ce genre est caractérisé par des formes ovales, l'exine est couverte de verrues. La fente monolète est peu visible.

Verrucososporites cingulatoïdes ALP.
Pl. 14, fig. 6

1959 Verrucososporites cingulatoïdes ALPERN
p. 154, pl. 11, fig. 293

Cette espèce est caractérisée par des formes arrondies de 20 à 38 µ de diamètre. Elle ressemble à V. obscurus mais s'en distingue par la présence d'un pseudo-cingulum ornementé. La marque monoradiée est souvent bifurquée.

Verrucososporites obscurus (KOS.) POT. et KREMP
Pl. 14, fig. 8

1950 Laevigatosporites obscurus KOSANKE
pl. 16, fig. 6

1954 Verrucososporites obscurus (KOSANKE) POTONIE et KREMP
p. 143, text. - fig. 64

1959 Verrucososporites obscurus (KOS.) POT. et KR., in ALPERN
p. 154, pl. 11, fig. 288a, 290

Cette espèce groupe des spores mesurant de 20 à 30 µ. Le contour est irrégulier. L'exine est couverte de petites verrues de 1 à 3 µ de base. La marque monoradiée est peu visible.

Verrucososporites perverrucosus ALP.
Pl. 14, fig. 7

1959 Verrucososporites perverrucosus ALPERN
p. 154, pl. 11, fig. 293-298

Les formes de cette espèce mesurent environ 30 à 40 µ sur 20 à 30 µ. L'exine est ornée de très grosses verrues irrégulières pouvant mesurer jusqu'à 8 µ de base et 6 µ de haut. Elles donnent même parfois l'aspect d'un reticulum négatif à l'ensemble. La marque monoradiée peut être visible.

Verrucososporites verrucosus ALP.
Pl. 14, fig. 9-10

1959 Verrucososporites verrucosus ALPERN
p. 154, pl. 11, fig. 291-292

Les spores de cette espèce ont une forme ovale et mesurent de 25 à 35 µ. Le contour est irrégulier. L'exine est couverte de

grosses verrues de 3 à 5 µ de base. La marque monoradiée, peu visible, est détournée par l'ornementation.

Affinités botaniques : non déterminées

Genre Torispora (BALME) ALPERN, DOUBINGER et HORTS 1965

Espèce-type : T. securis (BALME) ALPERN, DOUBINGER et HORTS 1965

Les spores appartenant à ce genre sont en forme de poire ou de gland. L'exine est lisse ou ornementée, entièrement ou partiellement ; une extrémité est fortement épaissie. Les dimensions et la forme de la crassitude sont variables. La marque monoradiée prend des aspects différents ; elle peut être droite ou courbe, unique ou plus ou moins divisée et triletoïde. La partie claire des espèces peu ornementées est souvent bordée par un pseudo - cingulum régulier.

Plusieurs espèces ont pu être mises en évidence, parmi lesquelles :

Torispora laevigata BHARD.
Pl. 14, fig. 11-12-13-14-15

1957 Torispora laevigata BHARDWAJ
p. 112, pl. 30, fig. 5

Cette espèce comprend des spores plus ou moins ovales mesurant de 40 à 45 µ dans leur plus grande dimension. L'exine est lisse, sans structure ; une extrémité, de forme et de dimension variables, est très épaissie. La marque monoradiée est parfois peu visible.

Torispora securis (BALME) ALP., DOUB. et HORST.
Pl. 14, fig. 16-17-18

1957 Torispora securis BALME
p. 112, pl. 30, fig. 3-4

1965 Torispora securis (BALME) ALPERN, DOUBINGER et HORST
p. 570, pl. 1-2 (Lectotype pl. 1, fig. 1)

Les spores de cette espèce sont ovales. Elles mesurent de 30 à 40 µ pour leur grand diamètre. L'exine est ponctuée. La partie épaïssie peut atteindre les trois quarts de la longueur de la spore.

Affinités botaniques :

Des formes présentant les caractères des Torispora ont été mises en évidence par HORST 1957 dans des sporanges. Il a pu montrer que ces spores étaient disposées sur le bord externe du sporange et qu'elles avaient ainsi acquis cet épaississement ; le cas reste difficile à trancher, car une étude statistique ne démontre pas une variation parallèle des formes de Torispora disposées à l'extérieur et des spores sans crassitude, qui pourraient se trouver à l'intérieur du même sporange (Punctatosporites, ou Verrucososporites).

Genre Spinosporites ALPERN 1958

Espèce-type : S. spinosus ALPERN 1958

Ce genre groupe des spores de forme ovale ou plus ou moins arrondie et polygonale. L'exine est couverte de petites épines nombreuses et rapprochées. Les plis sont fréquents, la marque monoradiée est bien visible.

Nous avons pu observer une espèce du genre Spinosporites:

Spinosporites spinosus ALP.
Pl. 15, fig. 1-2-3

1958 Spinosporites spinosus ALPERN
p. 81, pl. 2, fig. 41

Les spores de cette espèce sont de forme ronde, ovale ou plus ou moins polygonale arrondie, elles mesurent de 30 à 35 µ pour leur plus grand diamètre. L'exine est couverte d'épines, petites et nombreuses, de 1 µ de base et d'environ 1,5 µ de haut. La fente monoradiée manque ou est peu visible.

Affinités botaniques : non déterminées

Zonomonoletes Luber 1935

Genre Speciososporites POTONIE et KREMP 1954

Espèce-type : S. bilateralis (LOOSE) POTONIE et KREMP 1954

Ce genre est représenté par des spores de forme ovale, l'exine est ornementée, elle peut être granuleuse, microverruqueuse ou microréticulée. Le cingulum est étroit, épais et régulier. La marque monoradiée est nette.

L'autonomie de ce genre peut être contestée ; de même que les Torispora, les Speciososporites pourraient être considérées comme des variations des autres Monoletes ornementées. Nous maintenons tout de même ce genre qui, statiquement, parait avoir une importance dans le Bassin de Carmaux.

Speciososporites sp.
Pl. 15, fig. 4-5-6

Cette espèce possède des spores de forme ronde, de 28 à 38 µ de diamètre. L'exine est finement granulaire. Le cingulum est étroit, régulier et ornementé ; sa largeur est de 2 µ à 4 µ. La marque monoradiée est égale à la longueur de la zone centrale de la spore. Cette forme se distingue de S. bilateralis par son cingulum dont la largeur n'est pas égale au huitième du diamètre de la spore et qui porte 40 granulations au lieu de 60.

Affinités botaniques : non déterminées

Genre Circlettisporites MILLER 1966

Espèce-type : C. dawsonensis MILLER 1966

Ce genre est caractérisé par un contour équatorial circulaire ou sub-circulaire et un cingulum séparé du corps central par une suture nette. De plus, on voit souvent une marque triletoïde, c'est-à-dire une marque longitudinale (monolète) munie d'une bifurcation latérale.

Circlettisporites granifer PI-RAD. et DOUB.
Pl. 15, fig. 7

1967 Circlettisporites granifer PI-RADONDY et DOUBINGER
pl. 4, fig. 2-3

Nous groupons dans cette nouvelle espèce des spores rondes ou ovales, longues de 32 à 55 µ pour une largeur de 30 à 45 µ. Le cingulum mesure 3 à 5 µ de large. L'exine est granuleuse. Ce caractère la distingue de Circlettisporites dawsonensis MIL. et de Speciososporites triletoïdes ALP. De plus, son cingulum est plus large et mieux différencié que celui de Speciososporites triletoïdes. Elle présente aussi quelques ressemblances avec Azonaletes bulbiferus LUBER du Permien inférieur de l'U.R.S.S. qui ne porte cependant pas de marque visible.

Affinités botaniques ; non déterminées

Cystites POT. et KR. 1954

Genre Cystisporites (SCHOPF 1938) CORSIN et LAVEINE 1962

Espèce-type : C. breretonensis SCHOPF 1938

Les spores de ce genre portent une protubérance apicale, de plus la tétrade présente trois spores abortives de petite taille à exine épaisse, alors que la spore fertile est nettement plus grande, à exine fine et plissée.

Nous avons pu observer deux formes appartenant à ce genre.

Cystisporites varius (WICH.) DIJK.

Pl. 21, fig. 15

1934 Sporites varius WICHER
p. 173, pl. 8, fig. 3-4

1946 Cystosporites varius (WICHER) DIJKSTRA
p. 58, pl. 14, fig. 146-156

1956 Cystisporites varius (WICH.) DIJK
p. 52, pl. 10, fig. 80-85

1965 Cystisporites varius (WICH) DIJK in De TOSECQ
p. 606, pl. XXI, fig. 26

La forme fertile est ronde et mesure de 1.200 à 1.300 µ. L'exine est fine, d'aspect filamenteux. La marque monoradiée n'est pas visible. Sur le pôle proximal on observe une protubérance granuleuse. La forme stérile mesure de 500 à 1.000 µ. Elle est de forme irrégulière et possède une protubérance granuleuse.

Cystisporites sp.

1966 Cystisporites sp. DE TOSECQ et DOUBINGER
p. 602, pl. XX, fig. 12
p. 602, pl. 21, fig. 16

Les spores de cette espèce sont de forme ovale ou ronde ; leur diamètre varie de 1.000 à 1.800 µ dans sa plus grande dimension ; la partie apicale porte une protubérance mesurant 270 µ, ornée de points brillants. La face distale à gros grains clairsemés possède un bord chagriné ; le centre est creux et lisse.

Affinités botaniques :

Des formes ayant les caractères du genre Cystisporites ont été mentionnées par :

- SCOTT en 1906 chez Lepidostrobus foliaceus BOCHENSKI
- ARNOLD en 1947 chez Lepidocarpon (Lepidostrobus) braidwoodensis.

D'autres auteurs ont pu donner plus de précisions ce qui permet d'identifier les espèces, par exemple :

- BOCHENSKI en 1936 trouve des formes ayant les caractères de Cystisporites varius chez Lepidocarpon bohdanowiczii
- le même auteur signale des formes ayant le caractère de Cystisporites giganteus chez Lepidocarpon (al Lepidostrobus) major BRONG
- SCHOPF en 1938 reconnait la même forme de mégaspore chez Lepidocarpon mazonensis.
- et chez Lepidocarpon waltoni CHAL. SCHOPF et CHALONER, la décrivent encore en 1952.

POLLENITES R. POTONIE 1931

Saccites ERDTMAN 1947

Polysaccites Cookson 1947

Genre Alatisporites IBRAHIM 1933

Espèce-type : A. pustulatus IBRAHIM 1933

Ce genre est caractérisé par des formes généralement triangulaires concaves ou triangulaires arrondies. L'intexine et l'exoexine sont dissociées et se séparent pour former des sacs à air. La marque triradiée est très visible.

Alatisporites hexalatus KOS.

Pl. 15, fig. 8

1950 Alatisporites hexalatus KOSANKE
p. 23, pl. 4, fig. 5

1959 Alatisporites hexalatus KOS., in ALPERN
p. 188, pl. 14, fig. 385

Les sporomorphes de cette espèce sont de forme triangulaire à côtés légèrement concaves. Le plus grand diamètre varie autour de 125 µ. Le corps central a de 70 à 75 µ. Il y a parfois deux ballonets entre chaque rayon, mais ils ne recouvrent pas le corps central qui est finement granuleux la plupart du temps, pour les Alatisporites de Carmaux, mais qui peut être également lisse. La face proximale porte des papilles rondes.

Alatisporites pustulatus IBR.
Pl. 15, fig. 9-10

1932 Sporonites pustulatus IBRAHIM, in POTONIE, IBRAHIM et LOOSE
p. 448, pl. 14, fig. 12

1933 Alatisporites pustulatus IBRAHIM
p. 32, pl. 1, fig. 12

1956 Alatisporites pustulatus IBR. in POTONIE
p. 155, pl. 19, fig. 445-448

Cette espèce comprend des grains de pollen de forme triangulaire, à sommets arrondis, mesurant de 90 à 102 µ dans leur plus grande dimension. On compte trois sacs plissés ne se prolongeant pas sur la partie polaire distale. Le corps central est également granulaire.

Alatisporites verrucosus ALP.
Pl. 16, fig. 1-2

1959 Alatisporites verrucosus ALPERN
p. 187, pl. 14, fig. 383-384

La forme générale du pollen de cette espèce est ronde, à tendance hexagonale. Chaque grain mesure 72 µ environ dans sa plus grande dimension. Le corps central mesure 45 µ ; il est entouré d'une épaisse zone foncée, et porte des verrues plates de 4 à 5 µ de diamètre ; les espaces compris entre les verrues sont minimes. Les sacs à air, au nombre de trois, parfois subdivisés, possèdent une exine granulaire et plissée. Les branches de la marque triradiée ont une longueur égale au rayon du corps central.

Affinités botaniques : non déterminées

Monosaccites Chitaley 1951

Genre Microsporites DIJKSTRA 1946

Espèce-type : Microsporites karczewskii (ZERNDT) DIJKSTRA 1946

Ce genre groupe de grandes spores monosaccates à sac équatorial entouré d'un limbus bien différencié ; le contour est triangulaire arrondi, les rayons de la marque triradiée ne dépassent guère les limites du corps central, qui est entouré par une bordure sombre.

Nous avons pu observer une espèce :

Microsporites radiatus (IBRAHIM) WINSLOW
Pl. 23, fig. 16

1959 Microsporites radiatus (IBRAHIM) WINSLOW
p. 56, pl. 13, fig. 1 à 6

Cette spore triangulaire mesure 400 à 425 µ. Elle possède un corps central entouré d'une bordure sombre sur laquelle s'insère un sac à air équatorial dont la largeur est à peu près égale au rayon du corps central. Le sac est bordé d'un limbe transparent ; la marque trilète dépasse légèrement la limite du corps central.

Affinités botaniques :

Des formes ayant les caractères de certaines Microsporites ont été trouvées dans des cônes de Lepidophytes (Spenceri-tes) par SCOTT 1897.

Genre Endosporites WILSON et COE 1940

Espèce-type : E. ornatus WILSON et COE 1940

Ce genre est caractérisé par des grains de pollen de forme ronde ou ovale, comportant un seul sac à air, à fine réticulation ou à infragranulation. Sur l'équateur les parties proximales et distales du sac à air sont soudées pour former une petite bordure opaque appelée limbus. La marque triradiée, bien visible, se prolonge jusqu'au bord externe du sac à air. Le corps central est rond et présente une nette tendance triangulaire.

Nous avons pu observer des espèces appartenant au genre Endosporites : elles sont au nombre de quatre.

Endosporites plicatus KOS.
Pl. 16, fig. 3

1950 Endosporites plicatus KOSANKE
p. 37, pl. 7, fig. 7

Cette espèce est caractérisée par un corps central subtriangulaire qu'entoure un sac à air dont la largeur est inférieure à la longueur du rayon du corps central. Ce sac bordé d'un limbe net, forme une couronne de plis autour du corps central. La marque trilète est nette et arrive jusqu'au bord de la spore. L'exine est granuleuse sur toute la surface. Dimensions : 75 à 95 µ.

Endosporites triangularis PI-RAD. et DOUB.
Pl. 16, fig. 4

1967 Endosporites triangularis PI-RADONDY et DOUBINGER
pl. 3, fig. 6

Les Endosporites que nous groupons dans cette nouvelle espèce ont un corps central nettement triangulaire, à bords convexes, entouré d'un sac à air ; celui-ci forme une couronne dont la largeur est inférieure au rayon du corps central. Le limbe est peu accusé, la marque triradiée est nette et atteint le bord de la spore, elle forme un bourrelet sur la face proximale. L'exine est ponctuée ou finement granuleuse. La spore mesure de 74 à 80 µ pour sa plus grande dimension et le corps central de 43 à 50 µ. La forme nettement triangulaire du corps central a valu son nom à cette nouvelle espèce.

Cette espèce est voisine de E. formosus KOSANKE, dont elle se distingue par son exine presque lisse.

Endosporites vésicatus KOS.
Pl. 16, fig. 5 ; Pl. 17, fig. 1

1950 Endosporites vesicatus KOSANKE
p. 37, pl. 7, fig. 8

Les formes de cette espèce sont rondes et mesurent 90 µ. Le corps central présente une très faible tendance triangulaire ; il mesure 50 µ de diamètre, il est entouré par une zone sombre correspondant à la zone d'attache du bord du sac. La sac est infraréticulé. La marque triradiée est nette et longue.

Endosporites sp.
Pl. 17, fig. 2

Cette forme est ronde à légère tendance triangulaire et mesure 48 µ dans sa plus grande dimension. Le corps central a un contour assez irrégulier ; il mesure 32 µ pour son plus grand diamètre . Le limbus est net. L'infraréticulation du sac n'apparait pas. Son exine est lisse.

Affinités botaniques :

Des formes présentant les caractères du genre Endosporites ont été trouvées par :

- REMY en 1953 et en 1954 chez Paracalathiops stachei REMY (Cycadofilicales).

Certains auteurs ont pu préciser les caractères de l'espèce et ont aussi vu des mégaspores. C'est le cas de :

- CHALONER, qui en 1953 et en 1958 a pu observer chez Polysporia mirabilis NEWB (Lycopsida incertae sedis) des formes ayant les caractères des microspores de l'espèce Endosporites globiformis en même temps que d'autres formes ayant les caractères des mégaspores du genre Valvisisporites.

Genre Wilsonites KOSANKE 1950

Espèce-type : W. vesicata KOSANKE 1950

Ce genre est caractérisé par des grains de pollen de forme ronde, le corps central est peu distinct ; le sac aérien est bien réticulé ; les mailles sont plus grandes que chez les Endosporites, la marque triradiée est nette et courte, mais elle ne se prolonge pas dans le sac à air.

Wilsonites delicata KOS.
Pl. 17, fig. 3

1950 Wilsonites delicata KOSANKE
p. 54, pl. 14, fig. 4

Les formes de cette espèce mesurent 80 µ et présentent un corps central assez net mesurant 40 µ ; il est finement granuleux et un peu plus foncé que le sac à air ; ce dernier est réticulé, légèrement épaissi sur le pourtour. La marque triradiée est nette et atteint le bord du corps central

Wilsonites cf. ephemerus TSCHUDY et KOSANKE
Pl. 17, fig. 4

1966 Wilsonites ephemerus TSCHUDY et KOSANKE
p. 67, pl. 2, fig. 36 et 37

Le grain de pollen observé est de forme ronde. Il mesure environ 70 µ dans sa plus grande dimension. Le corps central est peu net ; le sac est réticulé et plissé. Les rayons de la marque trilète sont courts et égaux au tiers de la longueur du corps central.

Wilsonites sp.
Pl. 17, fig. 5

Cette forme mesure 68 µ de diamètre. Contrairement à la diagnose du genre, le corps central est distinct.

Affinités botaniques :

Des formes présentant les caractères du genre Wilsonites ont été mises en évidence par :

- REMY en 1953 et en 1954, chez Paracalathiops stachei (Cycadofilicales)

Genre Florinites SCHOPF, WILSON et BENTALL 1944

Espèce-type : F. antiquus SCHOPF 1944

Les Florinites ont une forme ronde ou ovale ; le corps central est peu net ; le sac, sans limbe, porte une large réticulation, et ne couvre pas le corps central, sur une partie de la face distale. La marque triradiée, très courte, est peu ou pas visible.

Florinites antiquus SCHOPF
Pl. 17, fig. 6
Pl. 18, fig. 1

1944 Florinites antiquus SCHOPF in SCHOPF, WILSON et BENTALL
p. 58-59, fig. 9

1956 Florinites antiquus SCHOPF, in POTONIE
p. 168, pl. 21, fig. 463-464

L'espèce Florinites antiquus est représentée par des grains de pollen de forme ovale ou ronde, mesurant de 62 à 95 µ. Le corps central est bienvisible, la couronne porte une infraréticulation nette, sa largeur est égale au rayon du corps central ; la marque triradiée, à peine visible, est très courte.

Florinites disaccoïdes ALP.
Pl. 18, fig. 2

1959 Florinites disaccoïdes ALPERN
p. 189, pl. 16, fig. 412-413

Cette espèce présente des formes allongées mesurant 50 x 85 µ. Le corps central mesure 30 µ de large. Cette espèce est caractérisée nettement par un étranglement médian du sac, suivant le petit axe, ce qui amorce l'existence de deux sacs à infraréticulation nette.

Florinites cf. diversiformis KOS.
Pl. 18, fig. 3-4

1950 Florinites diversiformis KOSANKE
p. 49, pl. 12, fig. 5

1959 Florinites diversiformis KOS. in ALPERN
p. 189, pl. 16, fig. 418

Cette espèce est caractérisée par des formes ovales, mesurant de 126 à 139 µ. Le corps central est net et foncé, la réticulation du sac est fine et recouvre largement le côté distal.

A Carmaux des pollen ressemblent à cette espèce, cependant la taille varie de 50 à 30 µ et la réticulation n'est pas très fine.

Florinites elongata TSCHUDY et KOSANKE
Pl. 18, fig. 5-6

1966 Florinites elongata TSCHUDY et KOSANKE
p. 67, pl. 2, fig. 38 à 40

Ce pollen est de forme ovale et mesure 122 x 96 µ. Il est caractérisé par un corps central, sans fente visible, entouré par un repli circulaire. Le sac est réticulé.

Florinites millotti BUTT. et WILL.
Pl. 19, fig. 1

1954 Florinites millotti BUTTERWORTH et WILLIAMS
p. 760, pl. 18, fig. 7-8

1959 Florinites millotti BUTT. et WILL. in ALPERN
p. 189, pl. 16, fig. 414.

Cette forme est ronde et mesure 50 µ de diamètre ; le sac a une largeur inférieure à la longueur du rayon du corps central. La marque triradiée est peu distincte.

Florinites ovalis BHARD

Pl. 19, fig. 2

1957 Florinites ovalis BHARDWAJ
p. 116, pl. 31, fig. 1-3

1959 Florinites ovalis BHARD., in ALPERN
p. 189, pl. 16, fig. 410-411

Les différentes formes observées de F. ovalis mesurent de 48 à 65 µ, respectivement, pour les deux axes transversaux. A Carmaux, nous avons trouvé des spécimens plus petits : 40 x 60 µ et d'autres légèrement plus grands : 42 x 72 µ. Le corps central est assez net et mesure de 20 à 28 µ. Le sac est infraréticulé, il est parfois plissé. La marque triradiée n'est pas visible.

Florinites pumicosus (IBR.) SCHOPF, WILS. et BENT.

Pl. 19, fig. 3-4

1932 Sporonites pumicosus IBRAHIM, in POTONIE, IBRAHIM
p. 447, pl. 14, fig. 6 et LOOSE

1944 Florinites (?) pumicosus (IBRAHIM) SCHOPF, WILSON
p. 59 et BENTALL

1956 Florinites pumicosus (IBR.) SCHOPF, WILS. et BENT.
p. 169, pl. 21, fig. 472-475 in POTONIE

Les pollen de cette espèce sont généralement arrondis ou ovales, et mesurent de 80 à 100 µ. Le corps central est peu net. Le sac est plus grand que le rayon du corps central, la marque triradiée est à peine visible et courte ; la réticulation du sac est fine. Les espèces que nous avons trouvées correspondent à cette description, mais elles mesurent de 50 à 80 µ.

Florinites triletus KOS.

Pl. 19, fig. 5

1950 Florinites triletus KOSANKE
p. 50, pl. 12, fig. 3-4

Les grains de pollen appartenant à cette espèce sont ronds ou ovales et mesurent de 49 à 69 µ. Le corps central est net, la couronne est plus large que le rayon du corps central. La marque triradiée est nette contrairement à la diagnose des Florinites. Les formes trouvées à Carmaux sont plus grandes et atteignent 72 x 90 µ.

Affinités botaniques :

Des formes ayant le caractère des Florinites ont été mises en évidence par :

- FLORIN en 1963 chez les Cordaïtales et en 1944 chez Ullmannia frumentaria GOEPPERT (Coniferales)
- HOSKINS et CROSS en 1946 chez Pachytesta vera KOSK. et CROSS JULI (Cycadofilicales)
- DARRAH en 1952 chez Cordaianthus schuleri DARRAH (Cordaïtales)
- REMY en 1953 et en 1954 chez Thuringia callipteroïdes et dans des fructifications de Callipteris conferta (Cycadofilicales)
- W. et R. REMY en 1958 chez Dictyothalamus schrollianus GOEPPERT (Cycadofilicales).

Genre Candidispora VENKATACHALA 1961

Espèce-type : Candispora candida VENK. 1961

Chez cette espèce le corps central est net , la marque trilète visible. Le sac est nettement infraréticulé et ne recouvre pas totalement la face distale ; sa largeur égale le rayon du corps central. La forme est ovale, le plus grand diamètre varie de 90 à 144 µ.

Candidispora candida VENK.
Pl. 19, fig. 6

1961 Candidispora candida VENKATACHALA
p. 41, pl. 1, fig. 7 et 8

Cette espèce est caractérisée par sa forme ovale, son corps central net et sa marque trilète visible. Le sac infraréticulé ne recouvre pas la face distale ; la largeur du sac est égale au rayon du corps central. Les dimensions de l'espèce que l'on trouve à Carmaux varient de 50 à 75 µ.

Genre Potoniesporites BHARDWAJ 1954

Espèce-type : P. novicus BHARDWAJ 1954

Les formes appartenant à ce genre sont ovales, le corps central

est plus ou moins rond et présente une ligne de suture longitudinale. Le sac est infraréticulé et porte des plis autour du corps central.

Nous avons pu observer deux espèces correspondant à ce genre :

Potoniesporites cf. bhardwaji R. et W. REMY
Pl. 19, fig. 7

1961 Potoniesporites cf. bhardwaji R. et W. REMY
p. 500, pl. 4, fig. 4-6

Les formes de cette espèce sont ovales et mesurent 100 µ pour le plus grand diamètre. Elles sont composées d'un corps central globuleux, qu'enveloppe un sac à air, formant une couronne régulière. Le corps central porte une fente longitudinale souvent égale à son diamètre, parfois recoupée par un ou deux plis transversaux.

Potoniesporites turboreticulatus (SAMOYLOVICH) nov. comb.
Pl. 20, fig. 1

1953 Zonomonoletes turboreticulatus SAMOYLOVICH
p. 53, pl. 11, fig. 13a - 13b

1959 Potoniesporites sp. ALPERN
p. 188, pl. 16, fig. 426

Les pollen de cette espèce ont une forme ovale et mesurent 55 µ pour le plus grand diamètre. Le corps central porte une fente longitudinale nette, masquée aux deux extrémités par les recouvrements du sac à air. Ce sac, très enveloppant, porte une couronne, irrégulière, ornée d'épaississements.

Genre Latensina LUBER 1953

Espèce-type : L. uralensis (LUBER) SWITSCHEWA et SEDOWA 1954

Ce genre est représenté par des formes rondes ou ovales. Le corps central est granulaire ou infraréticulé. La zone externe est fibroradiaire et porte une ligne concentrique sombre. La marque triradiée est parfois indistincte ; elle peut être également visible. La position de ce genre parmi les monosaccites n'est pas nettement confirmée.

Latensina triletus ALP.
Pl. 20, fig. 2

1959 Latensina triletus ALPERN
p. 190, pl. 17, fig. 430-432

Les pollen appartenant à cette espèce sont de forme ronde et mesurent de 55 à 80 µ de diamètre. La zone centrale est plus claire. Son exine est granuleuse ou infraponctuée. La zone du pourtour porte des fibres radiaires. Elle est soulignée par une ligne sombre concentrique à environ 5 µ du bord. La marque triradiée est visible sur la photo, mais elle a plutôt la forme d'une marque trilète de spore, ce qui confirmerait l'incertitude, dans la classification de ce genre.

Latensina sp.
Pl. 20, fig. 3

Ce pollen est de forme ovale et mesure 42 x 55 µ. La partie centrale, plus épaisse, est infragranulaire ; elle est entourée d'une zone sombre. La partie périphérique a des fibres radiaires espacées. La marque triradiée est peu nette.

Affinités botaniques : non déterminées

Genre Bascanisporites BALME et HENNELY 1956

Espèce-type : Bascanisporites undosus BALME et HENNELY 1956

Ce genre groupe des spores caractérisées par un corps central de contour circulaire ou ovale, enveloppé par un sac à air recouvrant la face proximale seulement sur une étroite bande équatoriale. L'exine du corps central est assez épaisse et de couleur sombre ; la marque triradiée est très petite et peut ne pas être visible. Le sac à air, très finement réticulé, est circulaire ou lobé (2 à 5 lobes), ce qui peut donner à ces spores un aspect polysaccate.

Bascanisporites parvisaccus PI-RAD. et DOUB.
Pl. 20, fig. 4

1967 Bascanisporites parvisaccus PI-RADONDY et DOUBINGER
pl. 4, fig. 1

Cette forme est semblable à celle décrite par BALME et HENNELY dans le Permien d'Australie ; cependant nous n'avons jamais rencontré de formes à plus de trois lobes. Elle mesure 64 µ de diamètre ; le diamètre du corps central est de 50 µ. Les branches de la marque trilète mesurent 10 µ.

Disaccites Cookson 1957

Genre Illinites (KOSANKE) POTONIE et KREMP 1950

Espèce-type : I. Unicus KOSANKE 1950

Cette espèce est composée par des formes ovales, le corps central est net et finement granulaire ; il porte deux sacs symétriques infraréticulés. La marque triradiée est peu visible.

Illinites elegans KOS.
Pl. 20, fig. 5

1950 Illinites elegans KOSANKE
p. 52, pl. 1, fig. 1-2

Cette espèce comprend des formes ovales mesurant 63 x 90 µ. Le corps central est finement infraréticulé ; il porte deux sacs symétriques plus grossièrement infraréticulés et ne recouvrant pas le corps central sur sa face distale. La marque triradiée n'est pas visible.

Affinités botaniques : indéterminées

Genre Alisporites DAUGHERTY 1941

Espèce-type : A. opii DAUGHERTY 1941

Ce genre est représenté par des formes portant deux sacs sensiblement symétriques, l'ensemble ayant un contour ovale régulier. La marque triradiée n'est pas visible sur le corps central, par contre le sillon germinal est visible.

Alisporites sp.
Pl. 20, fig. 6-7

Les pollen considérés sont de forme ovale et mesurent de 55 à 70 µ pour leur plus grand diamètre. Ils portent deux sacs à peu près symétriques ne recouvrant pas le corps central sur la face distale. La marque triradiée n'est pas visible. Le sillon germinal, par contre, est net. Les sacs sont infraréticulés à maille très large. Le corps central a une structure plus fine.

Affinités botaniques :

Des formes présentant les caractères du genre Alisporites ont été observées par :

- HARRIS en 1937 et en 1941 chez Caytonanthus oncodes (Caytoniales)
- COUPER en 1958 chez Pterachus africanus THOMAS (Cycadofilicales du Trias)

Genre Pityosporites (SEWARD) POT. et KL. 1954

Espèce-type : Pityosporites antarticus SEWARD 1914

Ce genre groupe des grains de pollen bisaccates ; les sacs réticulés sont rejetés sur la face distale du corps central qu'ils recouvrent en partie.

Nous avons pu observer une espèce :

Pityosporites communis TSCHUDY et KOS.
Pl. 20, fig. 8

1966 Pityosporites communis TSCHUDY et KOSANKE
p. 66, pl. 2, fig. 32

Les pollen de cette espèce groupent des formes possédant deux sacs réticulés, rejetés d'un même côté du corps central ; la fente germinale est indistincte ; le corps central mesure de 30 µ à 42 µ et chaque sac de 23 à 25 µ de large.

Affinités botaniques :

Des formes ayant les caractères de l'espèce Pityosporites antarcticus ont été trouvées par SEWARD en 1914 chez des Conifères : Podocarpus et Pinus.

Genre Platysaccus (NAUMOVA) POTONIE et KLAUSS 1954

Espèce-type : P. papilionis POTONIE et KLAUSS 1954

Ce genre possède des formes caractérisées par un corps central triangulaire convexe épais portant deux sacs symétriques plus grands que le corps central, à exine fine infragranulaire recouvrant presque le corps central sur la face distale. La marque triradiée n'est pas visible.

Platysaccus sp.
Pl. 20, fig. 1[illegible]

Les formes de cette espèce possèdent un corps central triangulaire mesurant 25 µ de base et 35 µ de hauteur. Il porte deux sacs symétriques à exine fine dépassant la hauteur du corps central et le recouvrant sur la face distale. Cette forme ressemble à l'espèce-type mais elle est plus petite.

Affinités botaniques : non déterminées

Napites (Aletes) ERDTMAN 1947

Genre Aumancisporites ALPERN 1958

Espèce-type : A. striatus ALPERN 1958

Les formes appartenant à ce genre sont rondes ou ovales et mesurent de 50 à 70 µ ; il n'y a pas de sac à air ni de fente germinale visibles ; l'exine lisse porte des bandes de 1 µ de large, alignées parallèlement au petit axe de la spore. Des plis longitudinaux sont souvent présents.

Aumancisporites striatus ALP.
Pl. 20, fig. 11

1958 Aumancisporites striatus ALPERN
p. 190, pl. 17, fig. 444-451

Les formes qui composent cette espèce sont plus ou moins rondes ou ovales. L'exine est parcourue de fines stries claires, s'enroulant en hélice et mesurant 1 µ de largeur ; on en compte environ quinze. On remarque quelques plis longitudinaux.

Affinités botaniques : non déterminées

Précolpates PFL. et KR. 1954

Genre Schopfipollenites POTONIE et KREMP 1954

Espèce-type : S. ellipsoïdes (IBRAHIM) POTONIE et KREMP 1954

Les formes appartenant à ce genre sont ovales, elles sont parcourues par un sillon longitudinal qui peut s'élargir aux extrémités et rejoindre deux replis qui lui sont parallèles et qui bordent la spore. L'exine est peu ornée.

Schopfipollenites tenuis DOUB. et PI-RAD.
pl. 21, fig. 1-2-3

1967 Schopfipollenites tenuis PI-RADONDY et DOUBINGER
pl. 4, fig. 4-5

(placée dans les microspores)

Les formes que nous avons groupées dans cette nouvelle espèce ont un pourtour ovale et régulier. Elles sont parcourues par un sillon longitudinal, bordé par deux replis parallèles. L'exine est ponctuée et fine, en dehors des replis, sur la zone périphérique.

Dimensions :	grand axe	:	144 - 160 µ
	petit axe	:	68 - 84 µ
	longueur des plis	:	22 - 40 µ

Ces formes que nous avons observées, tant à Carmaux, qu'à Saint Perdoux, sont plus petites que les formes décrites jusqu'à présent, en particulier : Schopfipollenites ellipsoïdes. En raison de leurs dimensions et de leur exine mince et transparente nous les groupons dans une nouvelle espèce : Schopfipollenites tenuis.

Affinités botaniques :

Des formes présentant les caractères du genre Schopfipollenites ont été observées par :

- HALLE en 1938 chez Aulacotheca hemingwayi (Cycadofilicales)
- SCHOPF en 1948 chez Dolerotheca reedana (Cycadofilicales).

- HALLE en 1933 et FLORIN en 1937 chez Goldenbergia glomerata HALLE (Cycadofilicales)
- HALLE en 1933 et FLORIN en 1937 chez Whittleseya elegans NEWBERRY (Bennettitales)

Monocolpates IVERSON et TROELS-SMITH 1950

Genre Monoalites PI-RAD. et DOUB. 1967

Espèce-type : M. ovalis PI-RADONDY et DOUBINGER 1967

Dans ce genre sont groupés des pollen, monocolpates de contour ovale, munis d'une bordure membraneuse pouvant représenter un sac à air rudimentaire ; il s'agit d'un genre voisin d'Entylissa LUBER et de Cheileidonites DOUBINGER.

Les spores de ce genre présentent quelques ressemblances avec d'autres spores monocolpates : Entylissa et Cheileidonites, dont elles se distinguent surtout par la présence de l'aile périphérique.

Monoalites ovalis PI-RAD. et DOUB.
Pl. 21, fig. 4

1967 Monoalites ovalis Pi-RADONDY et DOUBINGER
pl. 5, fig. 3-4-5

Les formes groupées dans cette nouvelle espèce ont un contour ovale, irrégulier. Elles mesurent de 46 à 60 µ de longueur, sur 33 à 50 µ de largeur. Elles sont formées d'un corps central, que borde une aile membraneuse, large de 3 µ environ, représentant peut-être un sac à air réduit. Un sillon médian longitudinal parcourt le corps central, il est bordé d'un bourrelet étroit, formant une boucle arrondie aux deux extrémités. L'exine est granuleuse sur toute sa surface. Le sillon, élargi aux extrémités, et entouré d'un bourrelet rappelle la spore (8a) de DULHUNTY du Permien de l'Australie, mais cette dernière est dépourvue de l'aile périphérique.

Affinités botaniques : indéterminées

Genre Cheileidonites DOUBINGER 1957

Espèce-type : C. potoniei DOUBINGER 1957

Dans ce genre on groupe des pollen à contour ovale, plus ou moins allongés en fuseau, parcourus sur presque toute leur longueur par un sillon de largeur variable, nettement délimité par un repli de l'exine.

Cheileidonites gigantea PI-RAD. et DOUB.
Pl. 22, fig. 1

1967 Cheileidonites gigantea PI-RADONDY et DOUBINGER
pl. 5, fig. 2

Nous avons créé cette nouvelle espèce pour une forme de très grande taille mesurant 64 x 114 µ ; l'exine est granuleuse, le sillon est bordé par un bourrelet large et épais mesurant de 15 à 16 µ. A l'intérieur du sillon on devine une ligne de suture (ou fente ?) longitudinale.

Cheileidonites potoniei DOUB.
Pl. 22, fig. 2

1957 Cheileidonites potoniei DOUBINGER
p. 130, text.-fig. 2

Cette espèce comprend des pollen en forme de fuseau mesurant 23 µ sur 32 µ , parcourus par un sillon bordé d'un repli. L'exine est infraponctuée.

Cheileidonites major DOUB.
Pl. 22, fig. 3

1957 Cheileidonites major DOUBINGER
p. 130, text.-fig. 3

Ce pollen a une forme très allongée et mesure 48 sur 17 µ. Il est parcouru sur toute sa longueur par un repli en forme de lèvre. L'exine est infraponctuée.

Affinités botaniques : indéterminées

Genre Entylissa (NAUMOVA) POTONIE et KREMP 1954

Espèce-type : E. caperata (LUBER) POTONIE et KREMP 1954

Ce pollen est en forme de fuseau ; il est parcouru par un sillon longitudinal s'élargissant aux deux extrémités.

Entylissa caperata (LUB.) POTONIE et KREMP
Pl. 22, fig. 4

1938 Azonaletes caperatus LUBER
pl. 1, fig. 10-11

1953 Ginkgocycadophytus caperatus LUBER in SAMOILOWITCH
p. 30, pl. 1, fig. 6

1954 Entylissa caperata (LUBER) POTONIE et KREMP
p. 181

1957 Entylissa caperata (LUBER) POT. et KREMP in DOUBINGER
p. 129, text.-fig. 5a

Les pollen de cette espèce ont une forme allongée et mesurent 47 x 26 µ. Ils portent un sillon longitudinal nettement élargi aux deux extrémités ; l'exine est granuleuse.

Affinités botaniques : indéterminées

Incertae sedis.

Genre Centonites PEPPERS 1964

Espèce-type : Centonites symetricus PEPPERS 1964

Les microfossiles classés dans ce genre sont formés de 5 à 15 segments, de contour polygonal, formant un corps de symétrie bilatérale ou radiaire ; celle-ci résultant du nombre de segments et de leur agencement. Le plus souvent ces microorganismes sont plus ou moins écrasés et plissés. Les lignes de suture des segments sont bordées d'un bourrelet ; l'exine est lisse.

Centonites sp.
Pl. 22, fig. 5

L'espèce représentée est de symétrie radiaire et mesure 55 x 75 µ, chaque segment mesurant de 20 à 25 µ de large.

Affinités botaniques : inconnues

II - CUTICULES (1)

1èr groupe

Pl. 22, fig. 6-7.

Les empreintes des cellules sont allongées et de forme irrégulière, la ligne de suture est visible, il y a un bourrelet de part et d'autre de cette ligne.

2ème groupe

Pl. 24, fig. 1-2.

Les empreintes des cellules sont de forme plus ou moins allongées, assez irrégulières ; on peut voir certains angles portant des appendices capilliformes courts.

3ème groupe

Pl. 22, fig. 8.

L'empreinte des cellules est de forme très irrégulière ; il semble qu'elle s'apparente aux cellules en jeu de patience ; la ligne de suture entre les cloisons reste visible.

4ème groupe

Pl. 24, fig. 3.

L'empreinte des cellules, pentagonale ou hexagonale, devient très irrégulière, la ligne de suture entre les cloisons n'est pas toujours visible.

5ème groupe

Pl. 24, fig. 4-5-6.

L'empreinte des cellules est de forme très irrégulière, la ligne de suture est masquée par un bourrelet.

Les cloisons sont rectilignes pour la cuticule représentée fig. 4. La forme des cellules du stomate rappelle celle des Bennettitales

Les cloisons sont sinueuses pour la cuticule représentée fig. 5 et 6 ; les orifices correspondent à la base de poils après leur chûte.

6ème groupe

Pl. 24, fig. 7.

La structure cellulaire est peu apparente ; on observe la présence de papilles.

7ème groupe

Pl. 24, fig. 8.

Il semble que ce dernier fragment soit d'origine animale.

Remarque :

Dans les paragraphes intitulés affinités botaniques, les genres et espèces des plantes mères ainsi que les groupes auxquelles elles appartiennent, ont été cités avec les précisions relevées dans les ouvrages des auteurs intéressés.

Il est à remarquer que ces auteurs n'adoptent pas toujours une même terminologie ; il a paru préférable de ne pas uniformiser.

(1) Nous avons décrit sous ce titre des fragments qui sont le plus souvent des cuticules ; ces cuticules représentent l'enveloppe externe de l'épiderme des feuilles et des graines, et n'ont pas de structure cellulaire réelle ; cependant elles portent l'empreinte des cellules épidermiques dont elles proviennent.

Quelques débris également représentés ont une origine incertaine.

PLANCHE 1

Fig. 1 - Sporonites sp., Decazeville, Sondage Nauquières VI, lame n° 1340[+] x 1000

2 - Leïotriletes adnatoïdes. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 555 x 1000

3 - Leïotriletes convexus. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 800 x 1000

4 - L. gulaferus. Carmaux, veine ED, lame n° 1829 x 1000

5 - L. gulaferus. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 800 x 1000

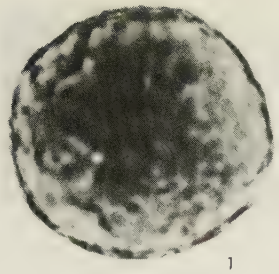
6 - L. sphaerotriangularis, Carmaux, couche IV, lame n° 965 x 1000

7 - Punctatisporites minutus. Decazeville, Sondage Nauquières lame n° 1335 x 1000

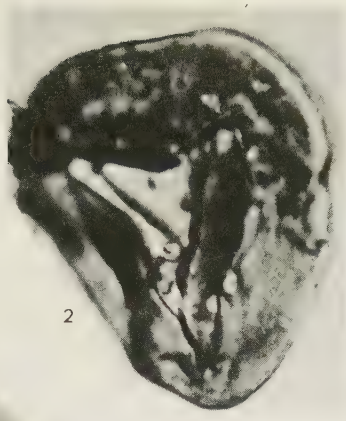
8 - Calamospora breviradiata. Carmaux, veine ED, lame n° 1829 x 1000

[+] Les n° des lames sont ceux de la collection du laboratoire de Palynologie de l'Institut de Géologie et de Minéralogie de l'Université de Strasbourg.

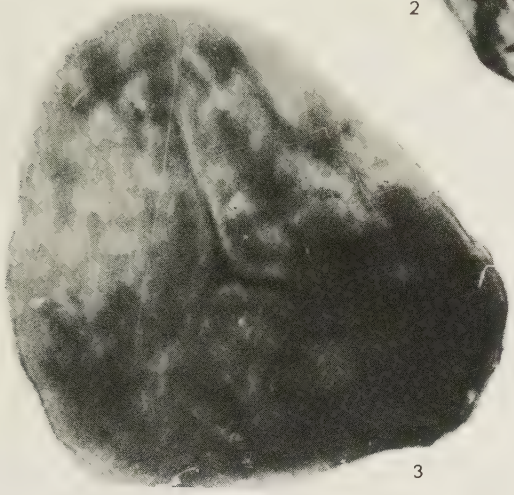
PL 1



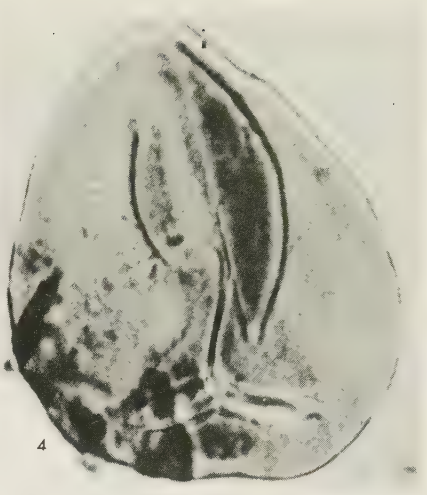
1



2



3

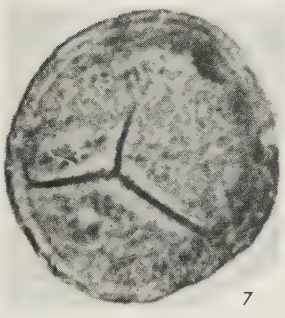


4

5

6

10 μ



7

8

P L A N C H E 2

Fig. 1 - Calamospora liquida. Carmaux, couche IV,
lame n° 965 x 1000

2 - C. mutabilis. Carmaux, veine H,
lame n° 2050 x 1000

3 - C. pallida. Carmaux, veine A,
lame n° 829 x 1000

4 - C. cf. perrugosa. Carmaux, couche Marmottan
lame n° 302 x 1000

5 - C. straminea. Carmaux, couche V
lame n° 633/1 x 1000

6 - C. sp. Carmaux, veine C,
lame n° 1265 x 1000

PL 2

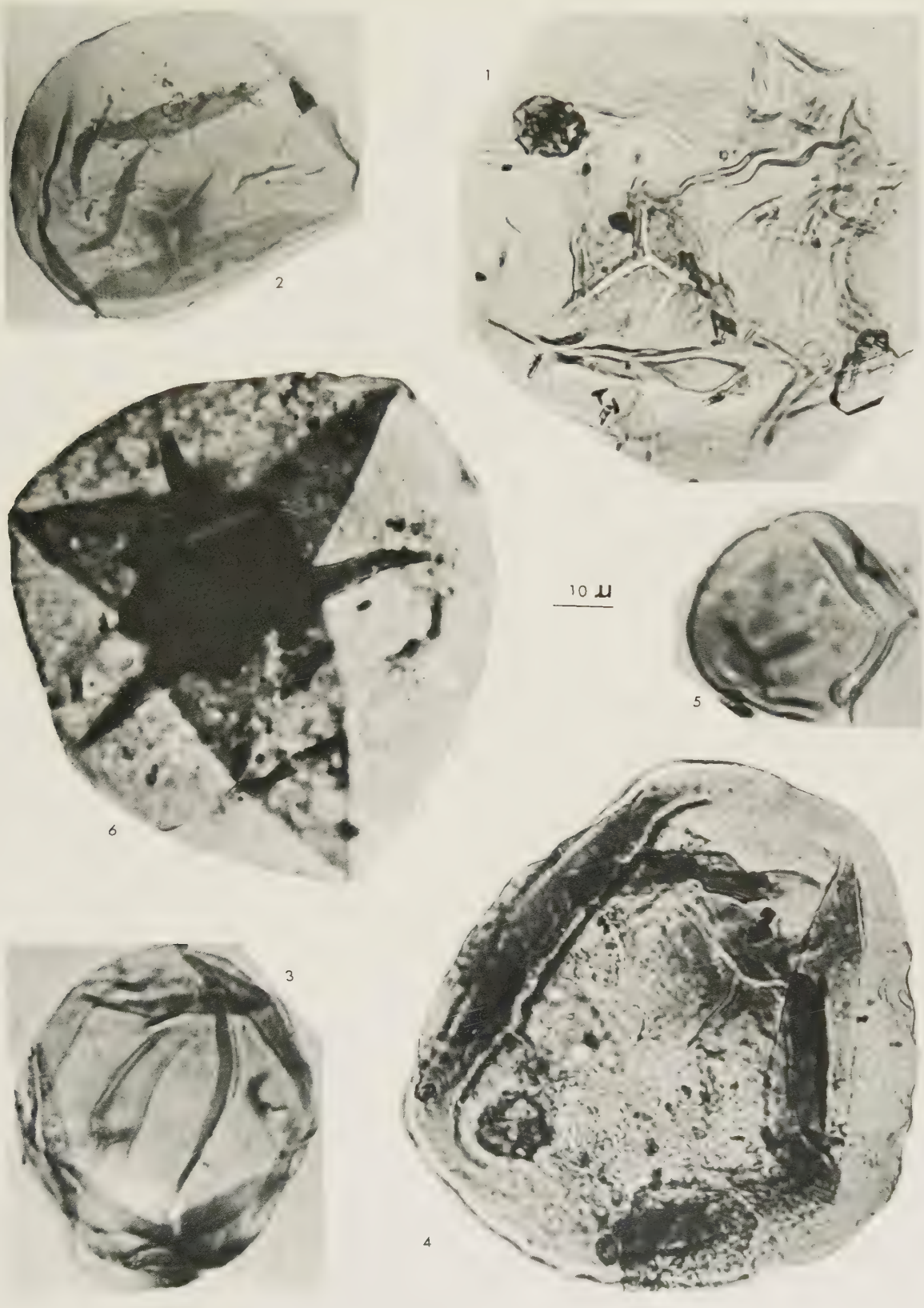


PLANCHE 3

Fig. 1 - Calamospora sp. Carmaux, Grande couche du mur, lame n° 303 x 1000

2 - Granulatisporites minutus. Carmaux, couche IV, lame n° 965 x 600

3 - G. minutus. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 302 x 1000

4 - G. minutus. Carmaux, veine A, lame n° 963 x 600

5 - G. parvus. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 1692 x 1000

6 - G. piroformis. Saint Perdoux ; mines du Soulié, lame n° 1873 x 1000

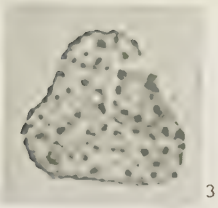
7 - Cyclogranisporites aureus, Carmaux, couche V, lame n° 633/1 x 1000

8 - C. orbicularis, Decazeville, sondage Nauquières I, lame n° 1054 x 1000

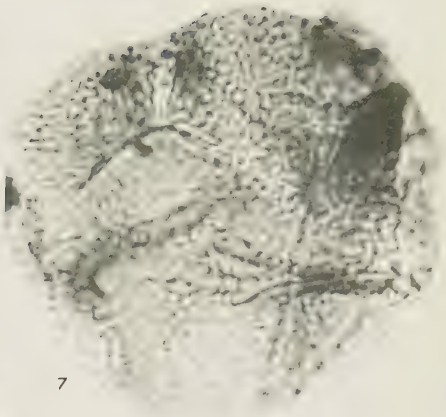
9 - C. pergranulatus, Carmaux, veine C; lame n° 1263 x 1000

PL 3

4 X

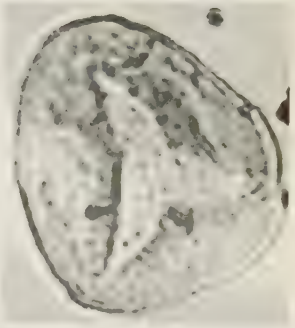


3



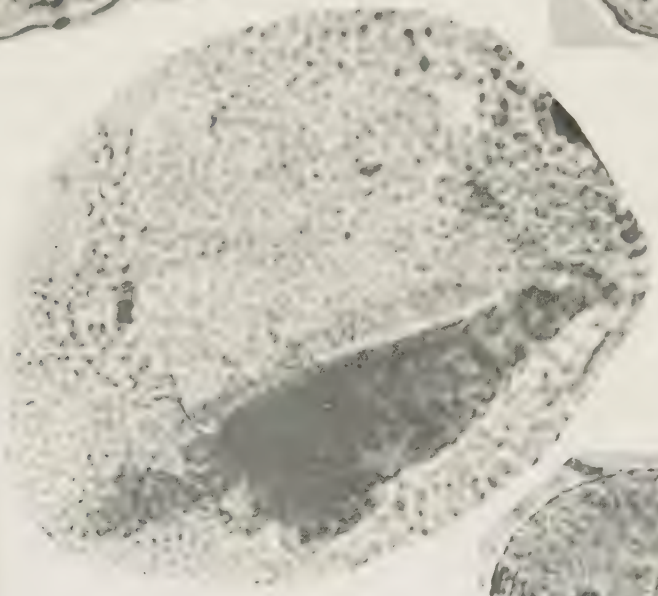
7

1

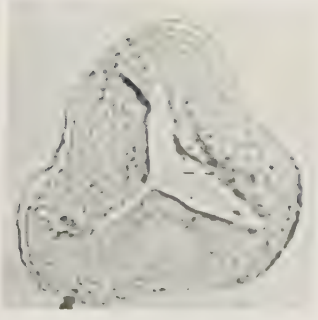


5

2 ×



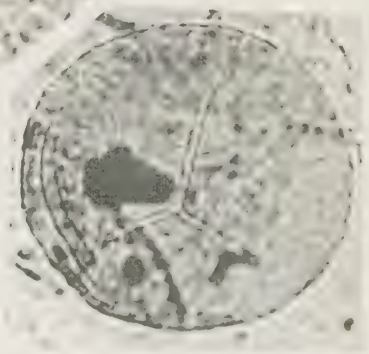
9



6

50 μ

50 μ ×



8

PLANCHE 4

Fig. 1 - Crassispora microtuberosus. Carmaux, veine A, lame n° 1292 x 1000

2 - C. kosankei. Carmaux, couche V, lame n° 633/1 x 1000

3 - Lophotriletes ibrahimi. Carmaux, Grande couche du mur, lame n° 303 x 1000

4 - L. microsaetosus. Decazeville, sondage Nauquières V, lame n° 1334 x 1000

5 - L. mosaïcus, Carmaux, couche Marmottan, lame n° 555 x 1000

6 - L. pyramidalis. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 800 x 1000

7 - Apiculatisporis aculeatus. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 724 x 1000

8 - A. concavus. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 645 x 1000

9 - A. quasiarcuatus. Saint Perdoux, mines du Loulié, lame n° 1874 x 1000

PL 4

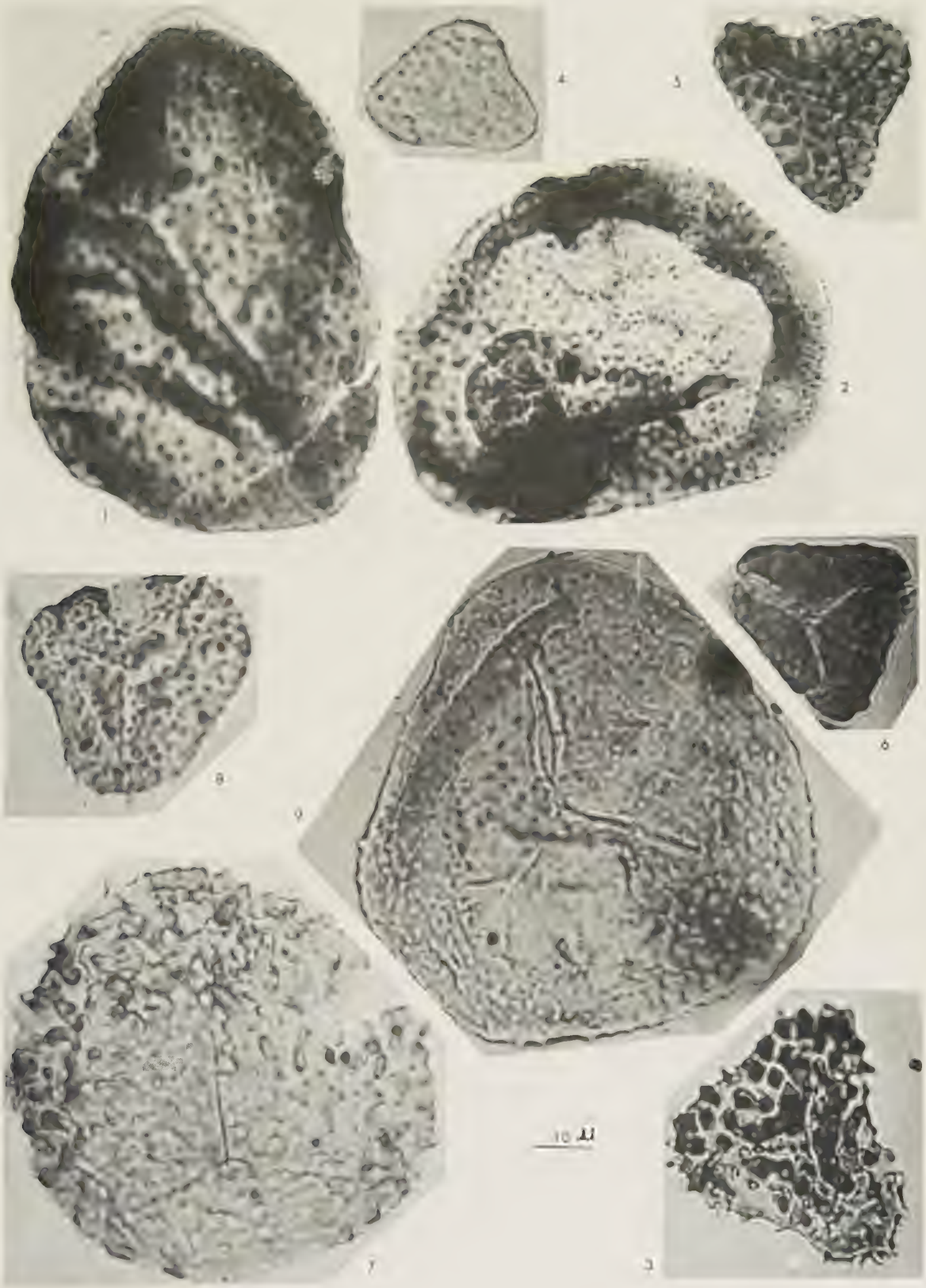


PLANCHE 5

Fig. 1 - Apiculatisporis setulosus. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 724 x 1000

2 - Acanthotriletes microsaetosus. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 665 x 1000

3 - Raistrickia cf. saetosa, Carmaux, veine C, lame n° 1265 x 1000

4 - R. cf. saetosa, Carmaux, veine C, lame n° 1265 x 1000

5 - Verrucosisporites verrucosus, Carmaux, couche Marmottan, lame n° 1692 x 1000

6 - Cyclobaculites ovimammus. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 555 x 1000

7 - Schopfites vetteri. Saint Perdoux, mines du Soulié, couche moyenne lame n° 1874 x 1000

8 - Microreticulatisporites cf. microtuberosus. Carmaux, couche V du mur, lame n° 633/1 x 1000

PL 5

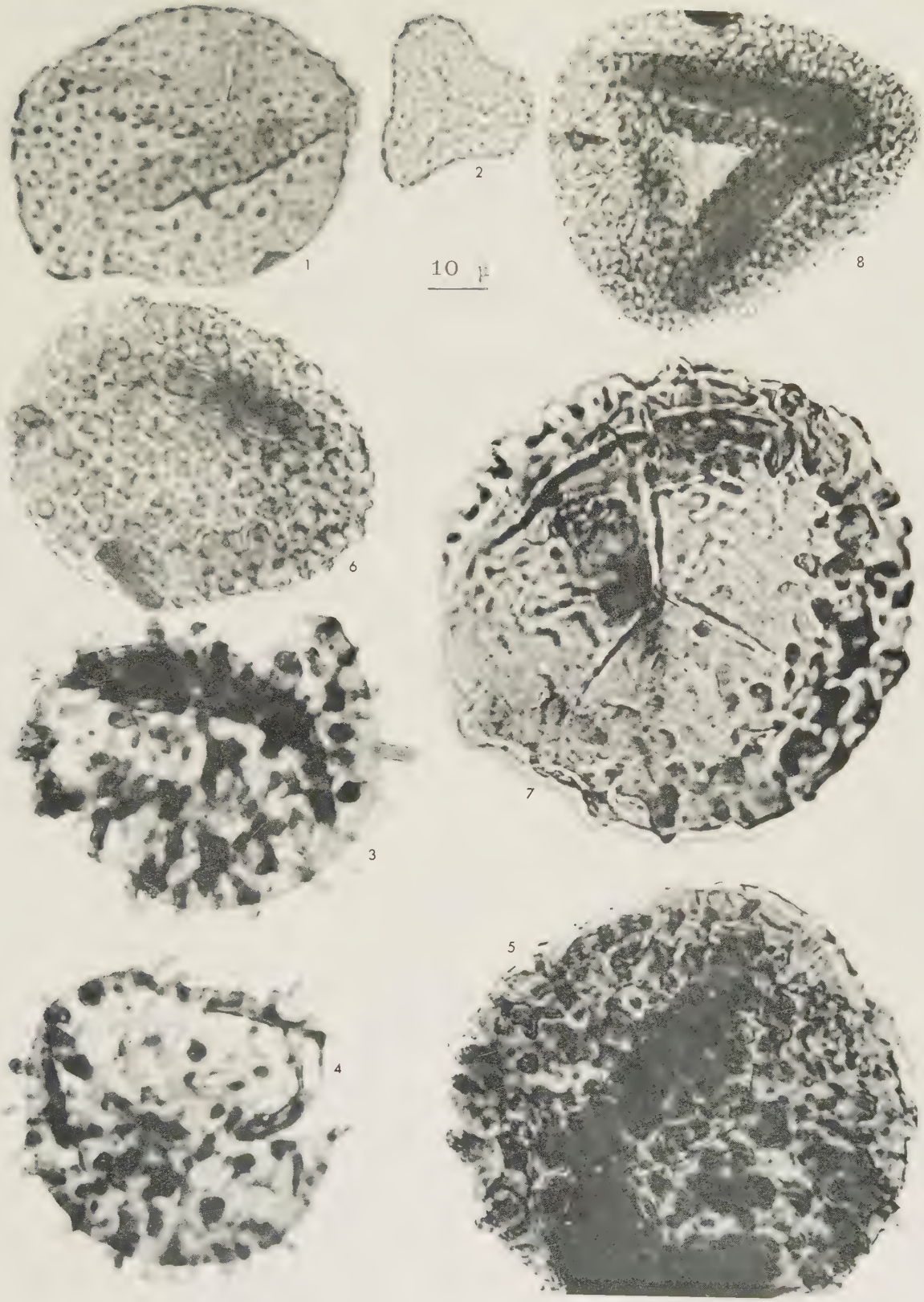


PLANCHE 6

Fig. 1 - Microreticulatisporites nobilis. Carmaux, veine D, lame n° 665 x 1000

2 - M. nobilis. Saint Perdoux, Mines du Soulié, lame n° 1873 x 1000

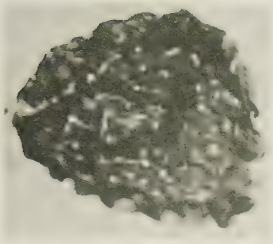
3 - Reticulatisporites irregularis. Carmaux, couche V, lame n° 633/1 x 500

4 - R. muricatus. Carmaux, couche Marmottan lame n° 724 x 1000

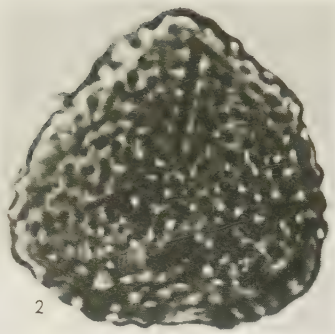
5 - R. polygonalis. Carmaux, couche Marmottan lame n° 1692 x 1000

6 - R. sp. Carmaux, Grande couche du toit, lame n° 615 x 600

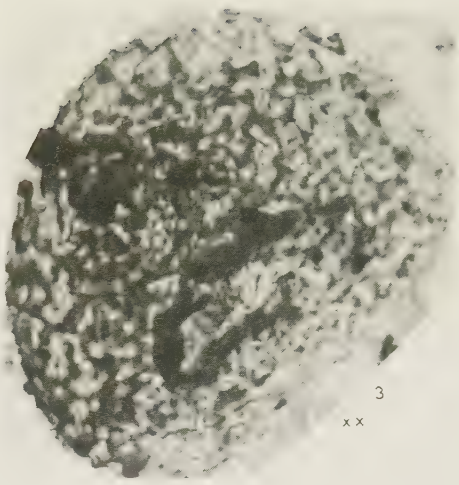
PL 6



1 x



2



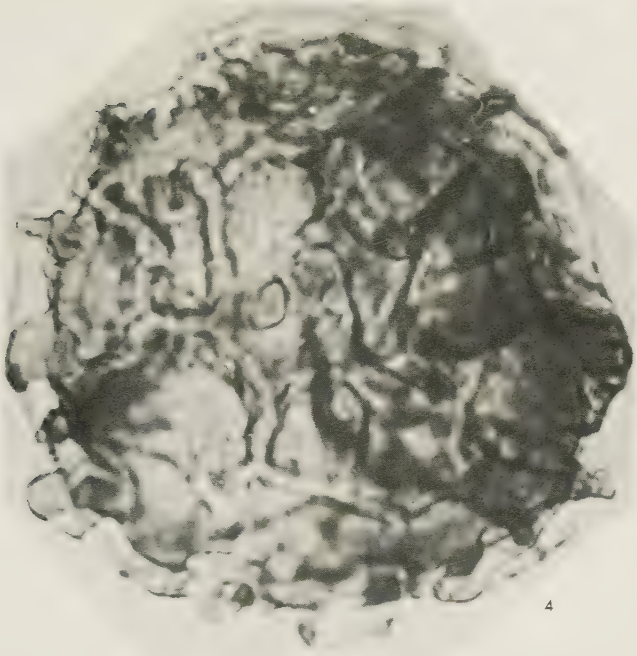
3

x x

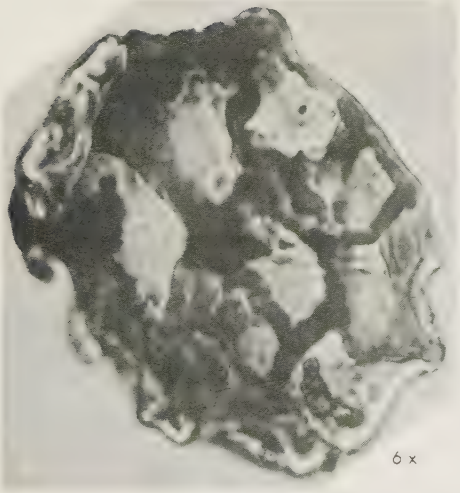
50 µ

x

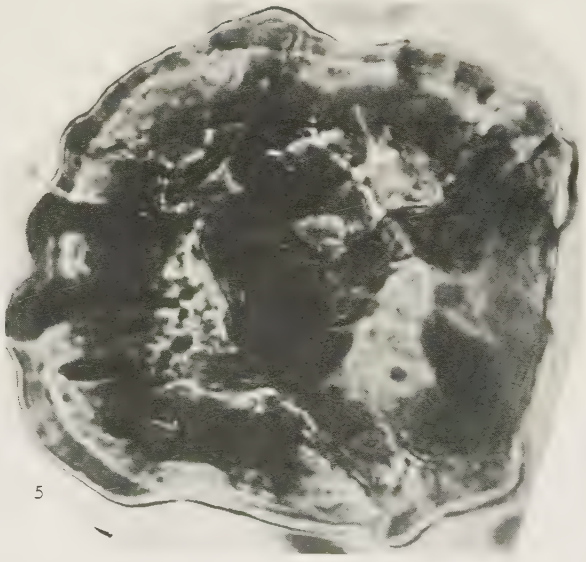
x x



4



6 x



5

P L A N C H E 7

Fig. 1 - Convolutispora alperni. Carmaux, Grande couche du mur, lame n° 303 x 500

2 - Savitrisporites cingulatus. Carmaux, Grande couche du mur lame n° 303 x 1000

3 - S. cingulatus. Carmaux, Grande couche du mur lame n° 303 x 1000

4 - S. cingulatus. Saint Perdoux, mines du Mas del Bos, lame n° 1875 x 1000

5 - S. majus. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 793/2 x 1000

6 - S. majus. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 793/2 x 1000

7 - S. majus. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 802 x 1000

8 - S. sp. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 645 x 1000

PL 7

P L A N C H E 8

Fig. 1 - Callisporites bergouniouvi. Carmaux, couche V du mur, lame n° 670/a x 1000

2 - Vestisporites sp. Carmaux, grande couche du mur, lame n° 303 x 1000

3 - Foveolatisporites fenestratus. Cruejouls, couche I, lame n° 440 x 500

4 - Triquitrites perornatus. Epinac les Mines, lame n° 1092/2 x 1000

5 - T. sculptilis. Carmaux, couche V, lame n° 633/1 x 1000

6 - T. sculptilis. Carmaux, couche V, lame n° 633/1 x 1000

7 - T. triturgidus. Carmaux, Grande couche du mur, lame n° 303 x 1000

8 - T. verrucosus. Decazeville, sondage, Firmy IX, lame n° 1051 x 1000

9 - T. verrucosus. Carmaux, couche V du mur, lame n° 670a x 1000

10 - Mooreisporites cf. inusitatus. Carmaux, Grande couche du mur, lame n° 303 x 1000

11 - Arhensisporites minutus. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 724 x 1000

PL 8

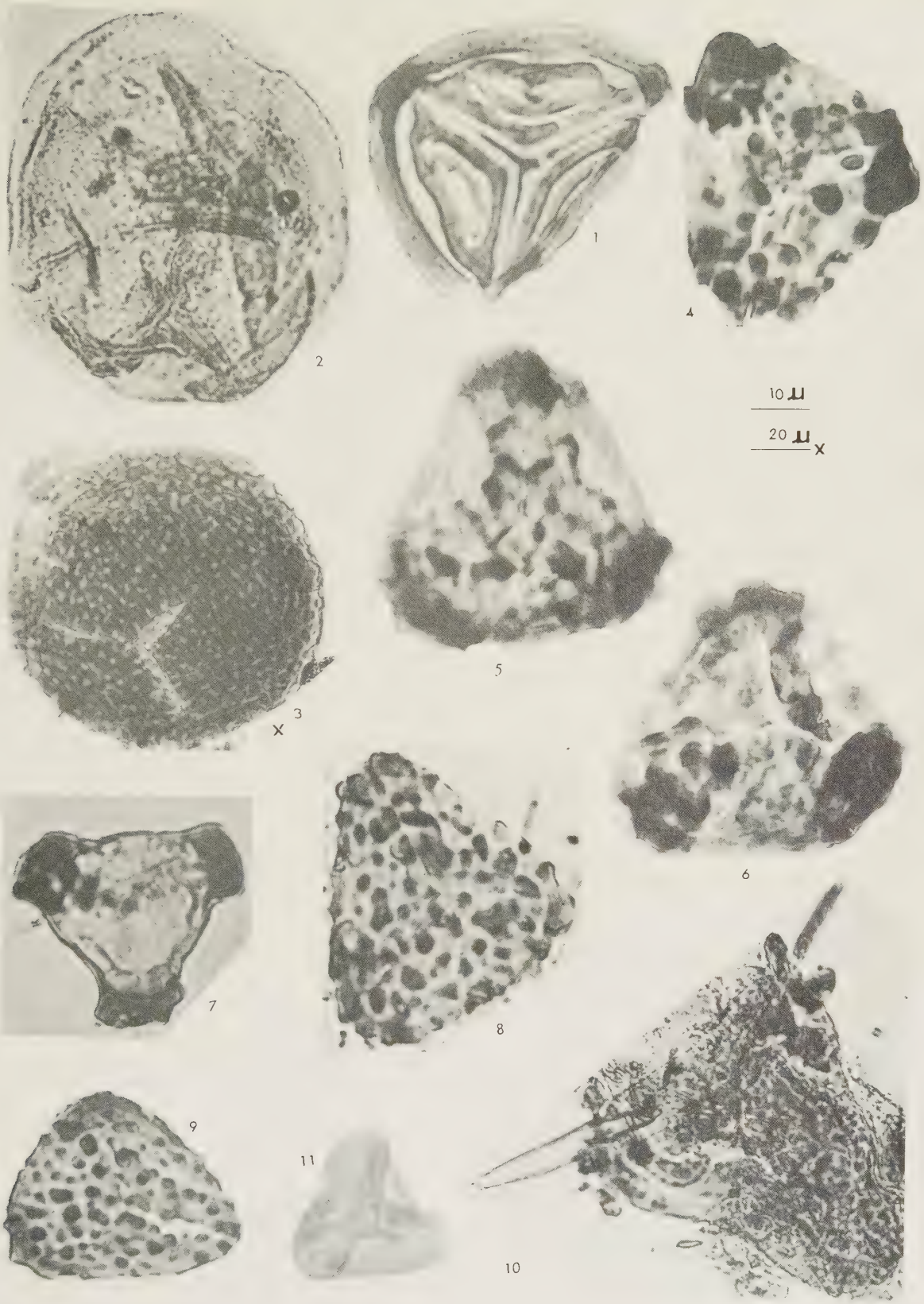


PLANCHE 9

Fig. 1 - Lycospora brevijuga. Carmaux, veine A, lame n° 1292 x 1000

2 - L. brevijuga. Carmaux, veine D, lame n° 665 x 600

3 - L. punctata. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 717 x 1000

4 - L. punctata. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 717 x 1000

5 - L. pseudoannulata. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 645 x 1000

6 - L. pseudoannulata. Carmaux, couche IV, lame n° 1135/1 x 1000

7 - Lundbladispora sp. Carmaux, veine ED, lame n° 1829 x 1000

8 - L. gigantea. Decazeville, sondage Nauquières I lame n° 1054 x 1000

9 - L. gigantea. Decazeville, sondage Nauquières I lame n° 1172 x 1000

10 - Cadiospora magna. Decazeville, Soulacre, lame n° 1484 x 1000

11 - Gravisporites spheara. Cruéjouls, lame n° 440 x 1000

12 - Angulisporites splendidus. Decazeville, La Seguenie (affleurement), lame n° 1492 x 1000

PL 9

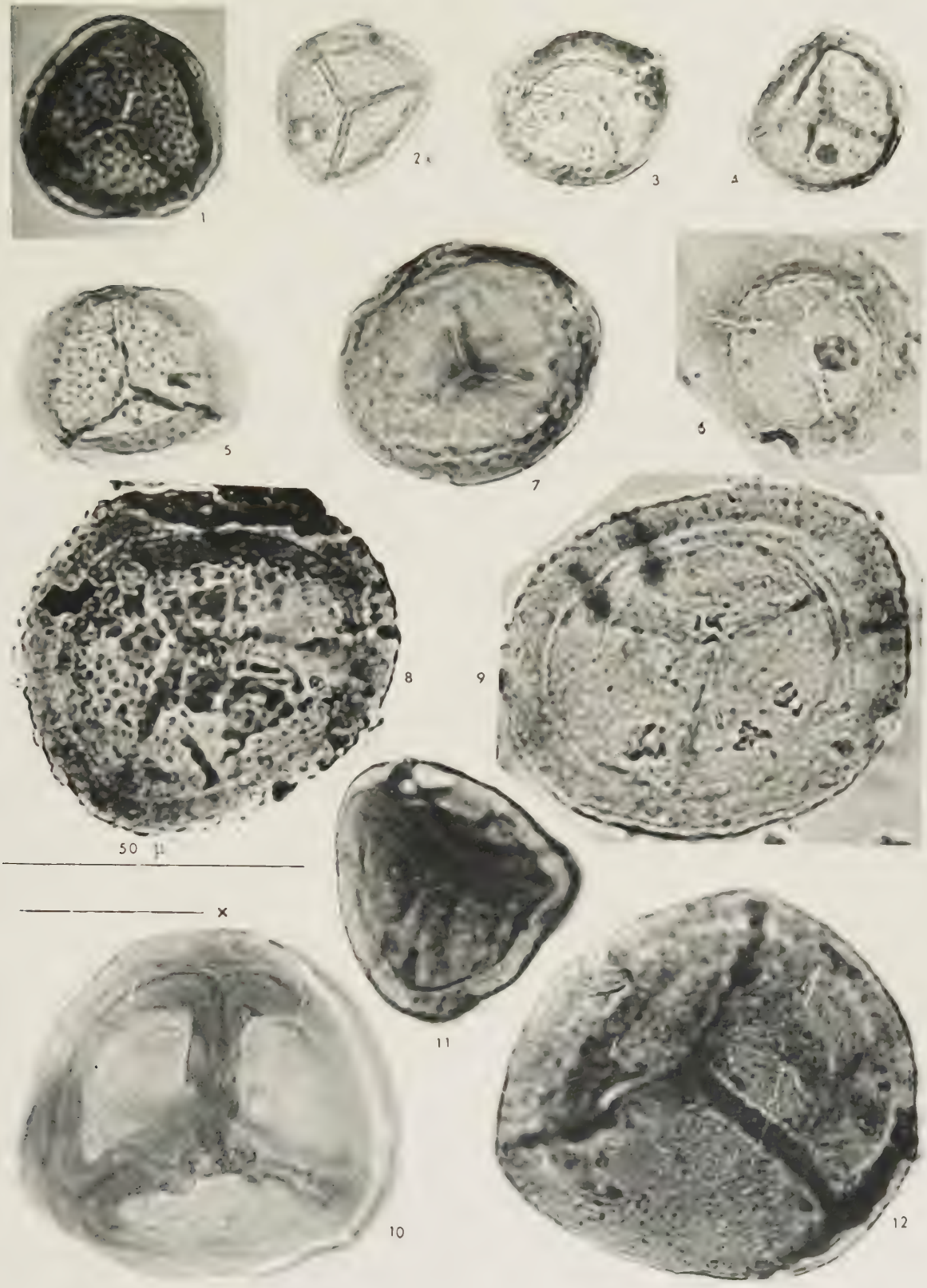


PLANCHE 10

Fig. 1 - Wesphalensisporites cf. irregularis. Decazeville, sondage Firmy X, lame n° 1053 x 1000

2 - Trivolites granulata. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 302 x 1000

3 - Firmysporites irregularis. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 302 x 1000

4 - Firmysporites irregularis. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 302 x 1000

5 - Densosporites cf. aseki. Carmaux, Grande couche du toit, lame n° 615 x 600

6 - D. granulosus. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 302 x 1000

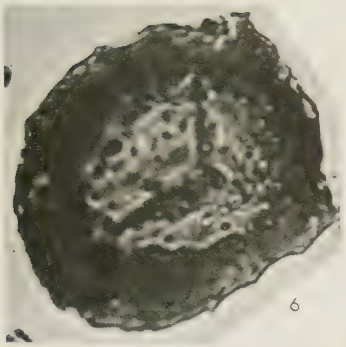
7 - D. granulosus. Carmaux, veine C, lame n° 1263 x 1000

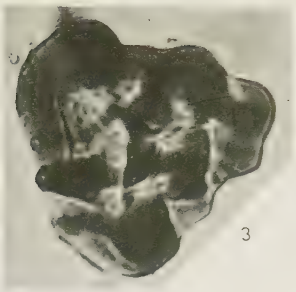
8 - D. major. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 799 x 1000

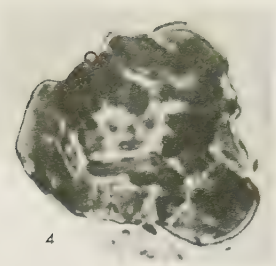
9 - D. major. Carmaux, couche V du mur, lame n° 633 x 1000

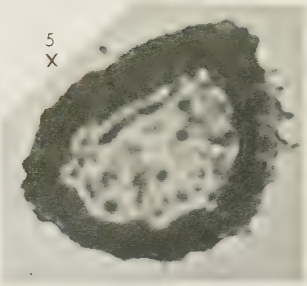
10 - D. major. Carmaux, couche V du mur, lame n° 633 x 1000

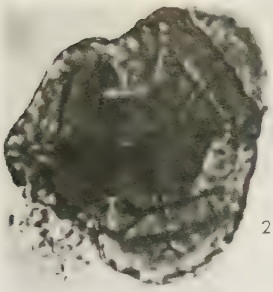
PL 10

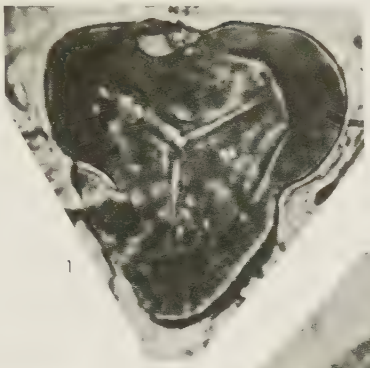

6

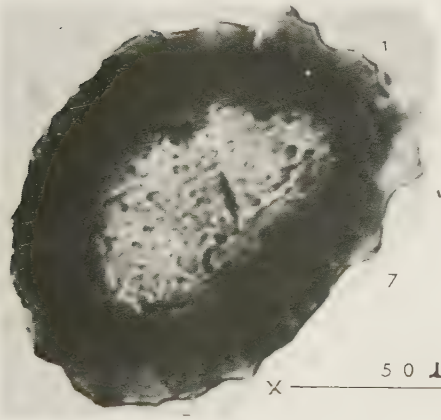

3

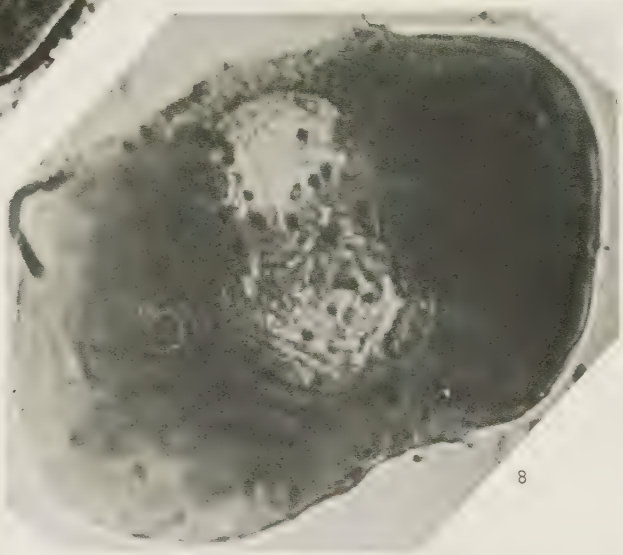

4

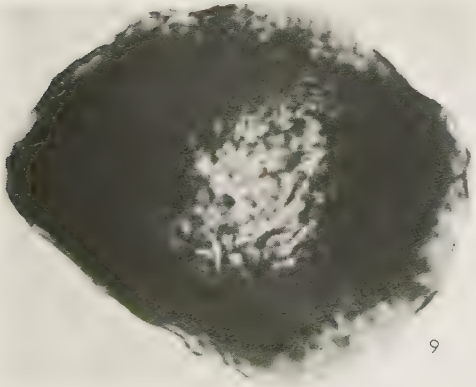

5
X


2


1


1
7
X 50 μ


8


9

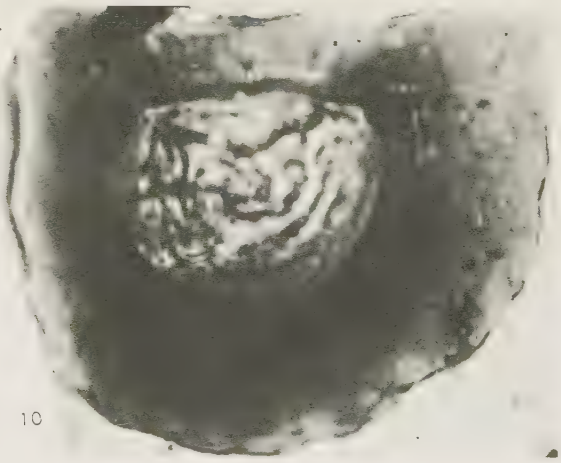

10

PLANCHE 11

Fig. 1 - Densosporites sphaerotriangularis. Carmaux, couche Marmottan
lame n° 800 x 1000

2 - D. sphaerotriangularis. Decazeville, sondage Nauquières VIII,
lame n° 1649 x 1000

3 - D. triangularis. Carmaux, couche V du mur,
lame n° 633 x 1000

4 - Cristatisporites alperni. Carmaux, couche Marmottan,
lame n° 1692 x 1000

5 - C. lobatus. Carmaux, couche Marmottan,
lame n° 555 x 1000

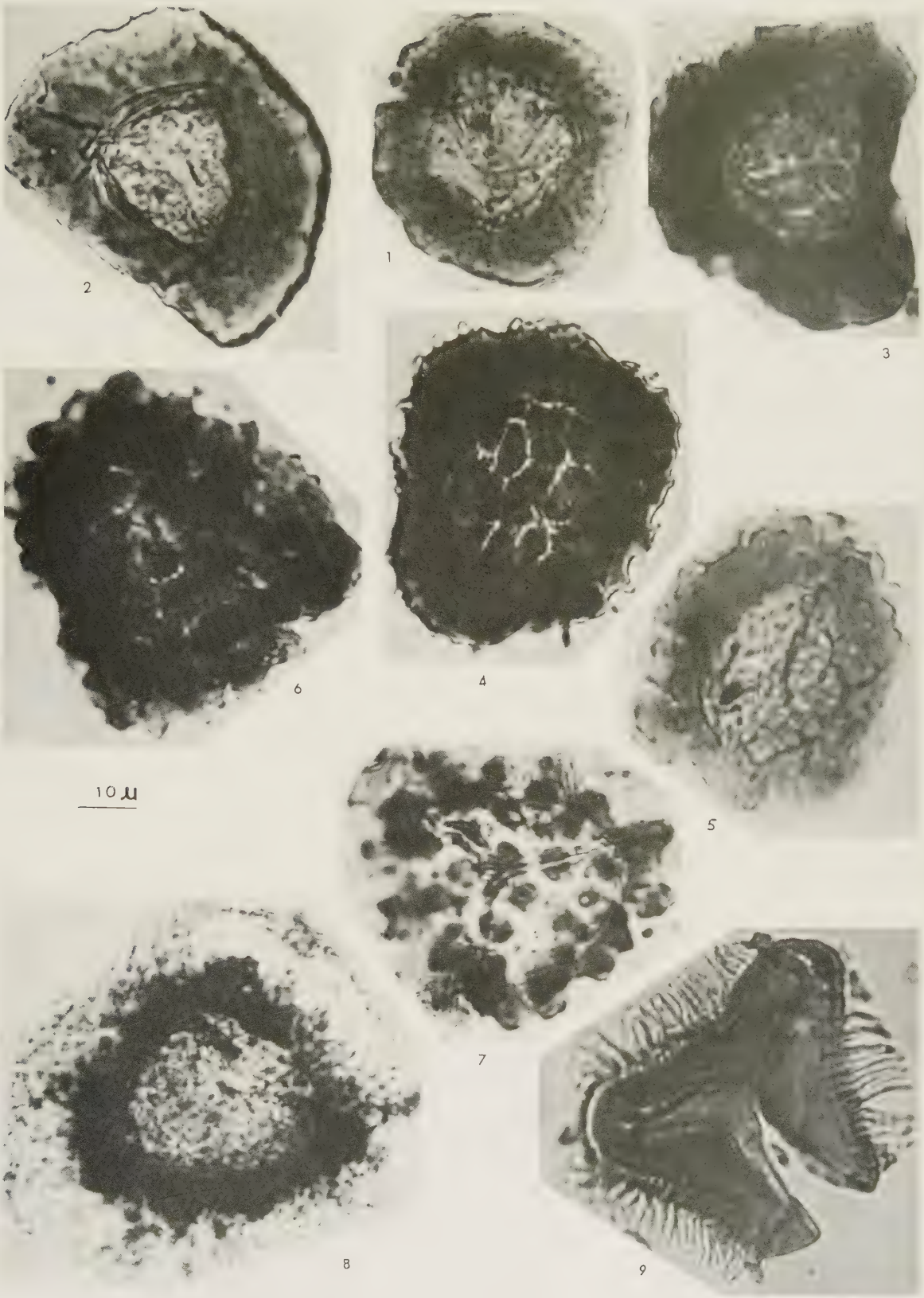
6 - C. cf. solaris. Carmaux, couche V du mur,
lame n° 633 x 1000

7 - C. sp. Carmaux, couche V,
lame n° 6331 x 1000

8 - Cingulizonates sp. Carmaux, couche V,
lame n° 6331 x 1000

9 - Reinschospora magnifica. Cruéjouls, couche I,
lame n° 440 x 1000

PL 11



P L A N C H E 1 2

Fig. 1 - Polymorphisporites densus. Carmaux, couche V du mur, lame n° 333 x 1000

2 - P. laevigatus. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 724 x 1000

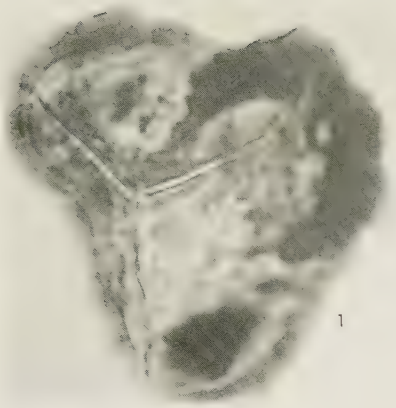
3 - P. ornatus. Carmaux, couche V du mur, lame n° 670a x 1000

4 - P. reticuloïdes. Carmaux, Grande couche du toit, lame n° 615 x 600

5 - Cirratriradites saturni. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 801/1 x 1000

6 - C. cf. saturni. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 724 x 1000

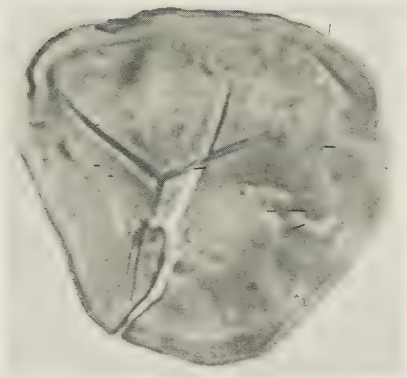
PL 12



1

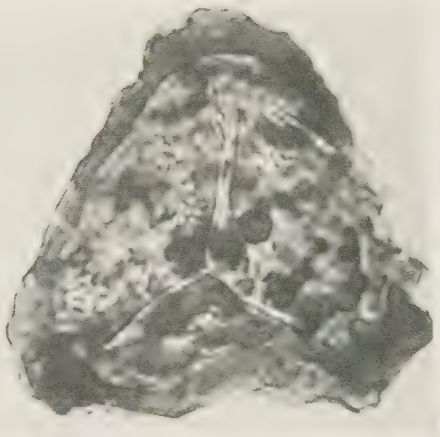
5

50 µ



2

50 µ x



3

6

4 x

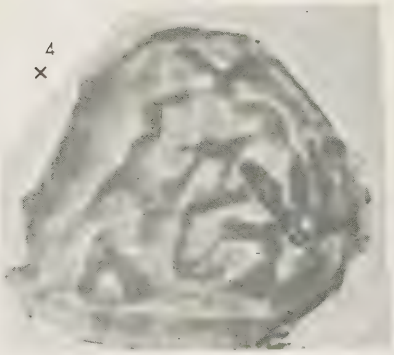


PLANCHE 13

Fig. 1 - Laevigatosporites densus. Carmaux, veine B, lame n° 1312 x 1000

2 - L. desmoinensis. Decazeville, sondage Peyrolles IV, lame n° 1442 x 1000

3 - L. maximus. Carmaux, couche IV, lame n° 1135 x 1000

4 - L. medius. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 1692 x 1000

5 - L. medius. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 1692 x 1000

6 - L. medius. Decazeville, sondage Nauquières I, lame n° 1054 x 1000

7 - L. vulgaris. Decazeville, sondage Nauquières I, lame n° 1054 x 1000

PL 13

P L A N C H E 1 4

Fig. 1 - Latosporites latus. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 1790 x 1000

2 - Punctatosporites rotondus. Carmaux, veine E, lame n° 1703 x 1000

3 - P. rotondus. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 645 x 1000

4 - P. rotondus. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 724 x 1000

5 - P. rotondus. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 1692 x 1000

6 - Verrucososporites cingulatoïdes. Decazeville, sondage Firmy X, lame n° 1053 x 1200

7 - V. perverrucosa. Carmaux, veine A, lame n° 1292 x 1000

8 - V. obscurus. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 646 x 1000

9 - V. verrucosus. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 724 x 1000

10 - V. verrucosus. Carmaux, couche IV, lame n° 965 x 1000

11 - Torispora laevigata. Carmaux, couche IV, lame n° 1536 x 1000

12 - Torispora laevigata. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 717 x 1000

13 - T. laevigata (tétrade), Carmaux, veine A, lame n° 1294 x 1000

14 - T. laevigata. Cruéjouls, lame n° 497/1 x 1000

15 - T. laevigata. Cruéjouls, lame n° 497/1 x 1000

16 - T. securis. Carmaux, couche IV, lame n° 1536 x 1000

17 - T. securis. Carmaux, veine A, lame n° 1293 x 1000

18 - T. securis. Carmaux, couche V du mur, lame n° 633 x 1000

PL 14

P L A N C H E 1 5

Fig. 1 - Spinosporites spinosus. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 800 x 1000

2 - S. spinosus. Saint Perdoux, couche du Soulié, lame n° 1873 x 1000

3 - S. spinosus. Decazeville, Firmy VII, lame n° 1042 x 1000

4 - Speciososporites sp. Carmaux, couche V du mur, lame n° 634 x 1000

5 - S. sp. Carmaux, couche V, lame n° 1049 x 1000

6 - S. sp. Decazeville, Firmy VIII, lame n° 1874 x 1000

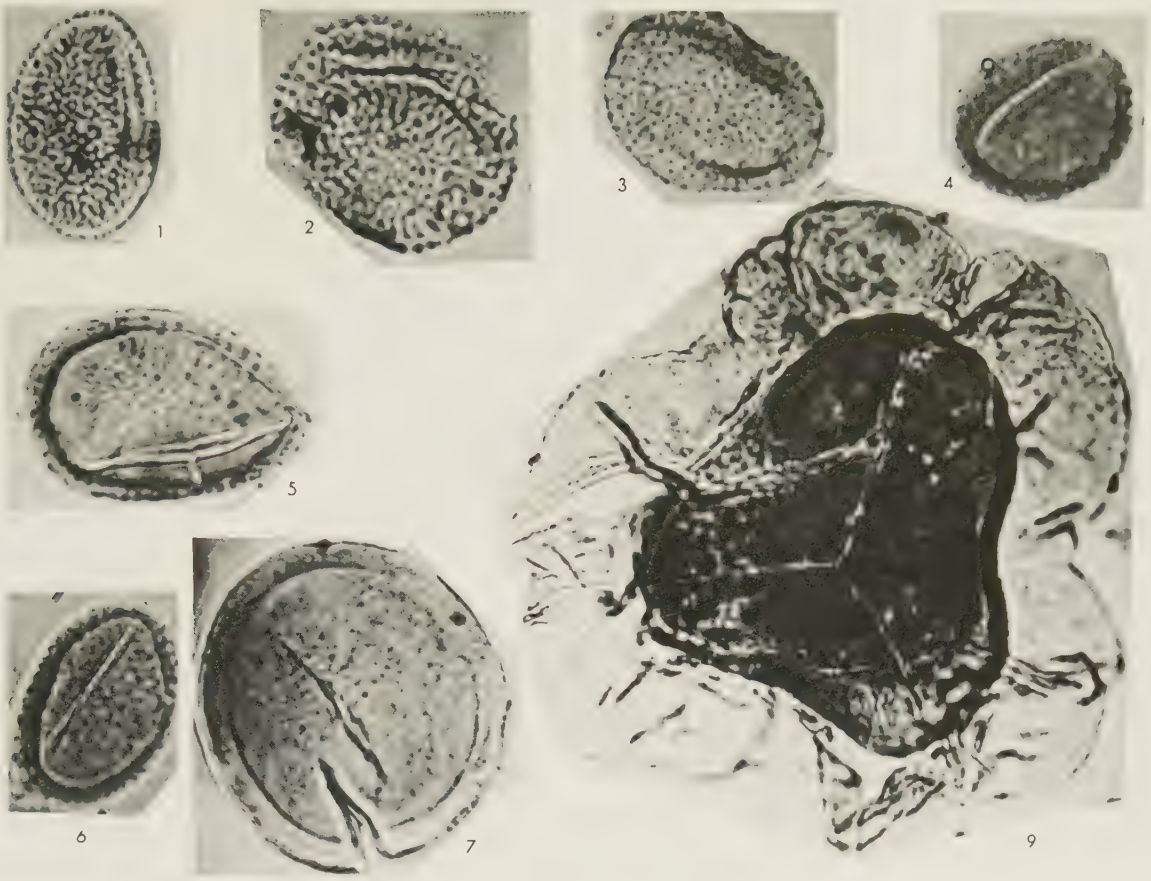
7 - Circlettisporites granifer, Saint Perdoux, Le Soulié, lame n° 1874 x 1000

8 - Alatisporites hexalatus, Carmaux, couche IV, lame n° 965 x 600

9 - A. pustulatus. Carmaux, couche V du mur, lame n° 633/1 x 1000

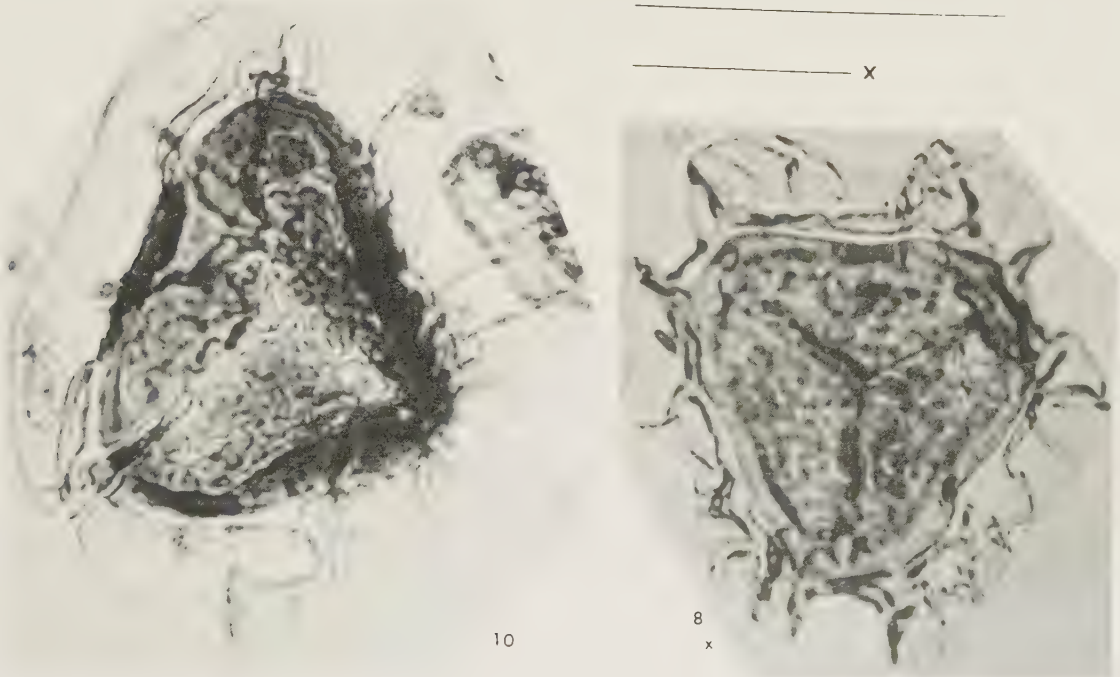
10 - A. pustulatus. Carmaux, couche V du mur, lame n° 628 x 1000

PL 15



50 µ

x



P L A N C H E 1 6

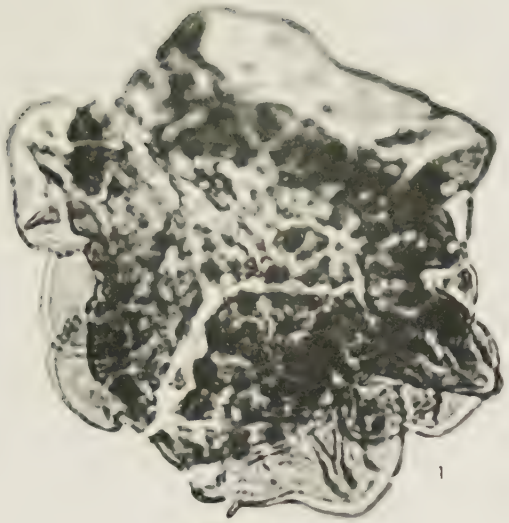
Fig. 1 - Alatisporites verrucosus. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 1692 x 1000

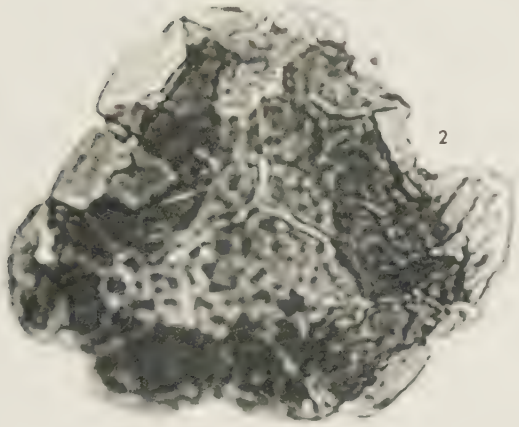
2 - Alatisporites cf. verrucosus. Carmaux, lame n° 796 x 1000

3 - Endosporites plicatus. Decazeville, sondage Nauquières V, lame n° 1333 x 1000

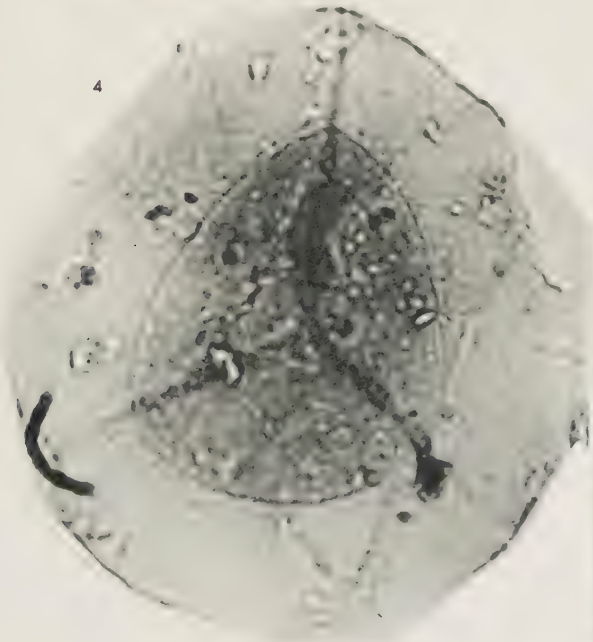
4 - Endosporites triangulus. Decazeville, sondage Firmy VIII, lame n° 1049b x 1000

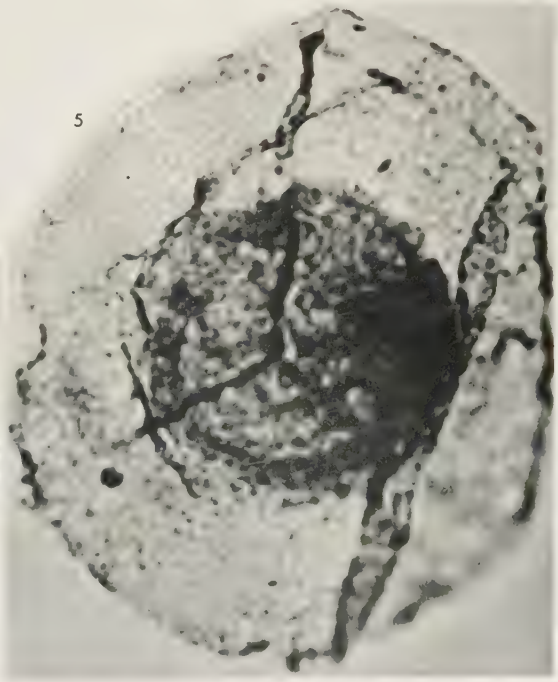
5 - E. vesicatus. Carmaux, veine ED, lame n° 1829 x 1000





10 μ





P L A N C H E 1 7

Fig. 1 - Endosporites vesicatus. Carmaux, veine ED,
lame n° 1829 x 1000

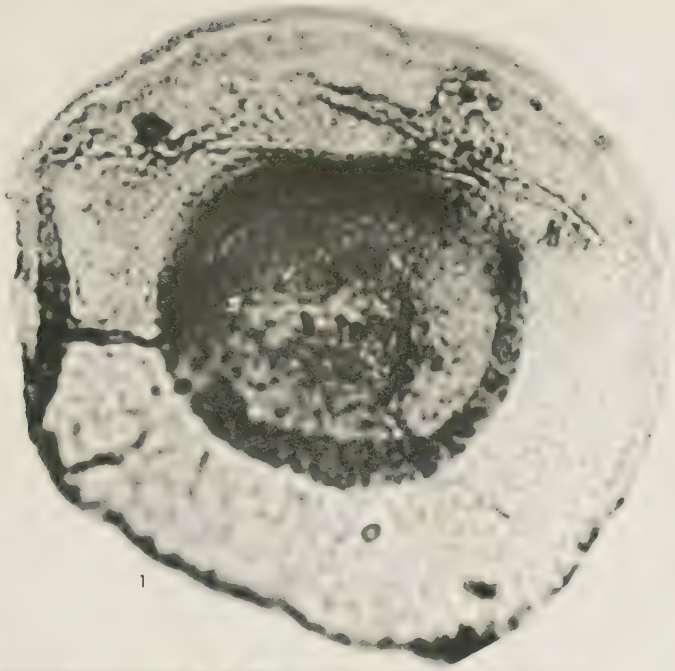
2 - E. sp. Carmaux, couche Marmottan,
lame n° 724 x 1000

3 - Wilsonites delicata. Carmaux, couche Marmottan,
lame n° 645 x 1000

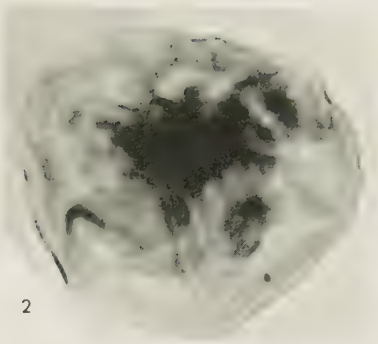
4 - W. cf. ephemerus, Carmaux, couche IV,
lame n° 9641 x 1000

5 - W. sp. Carmaux, couche IV,
lame n° 1135 x 1000

6 - Florinites antiquus. Carmaux, couche Marmottan,
lame n° 1692 x 1000

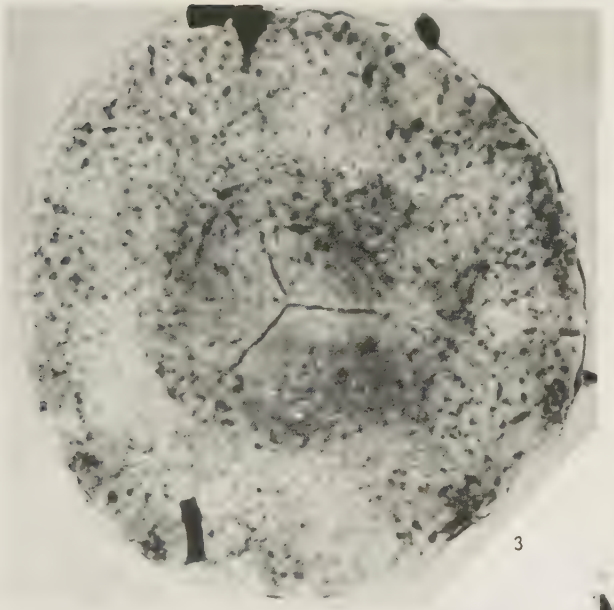


1

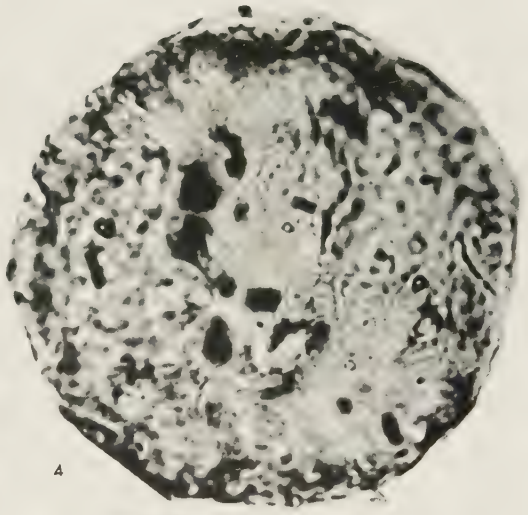


2

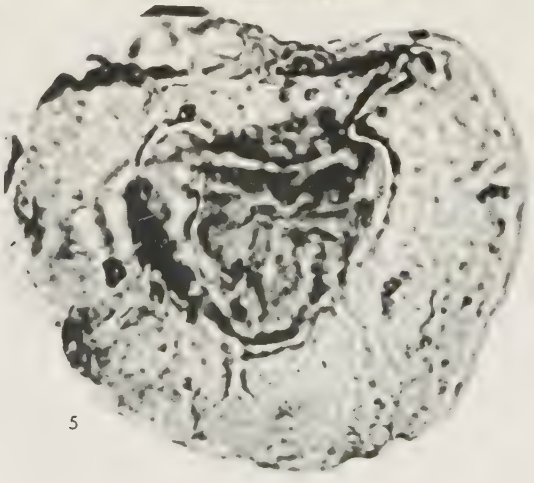
10 μ



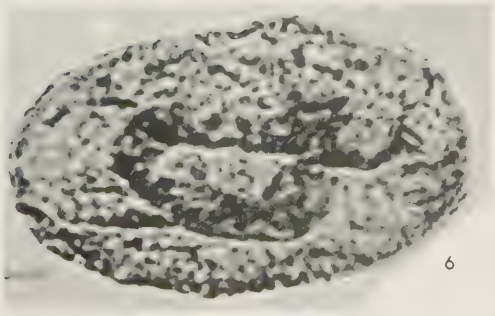
3



4



5



6

PLANCHE 18

Fig. 1 - Florinites antiquus. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 1692 x 1000

2 - Fl. disacchoïdes. Carmaux, veine A, lame n° 1272 x 1000

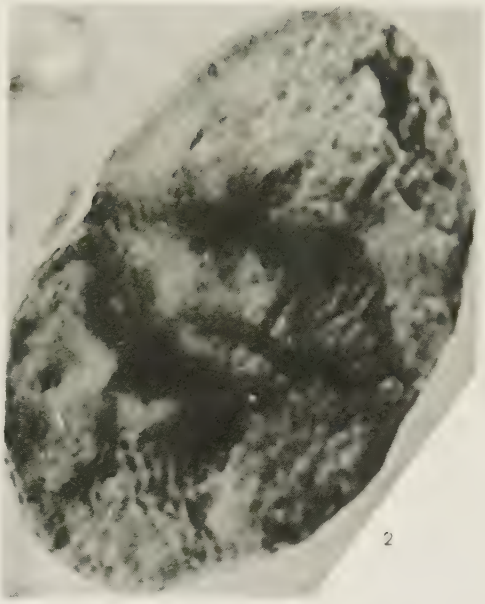
3 - Fl. cf. diversiformis. Couche Marmottan, lame n° 1692 x 1000

4 - Fl. cf. diversiformis. Saint Perdoux, Mines du Soulié, couche 3, lame n° 1876 x 1000

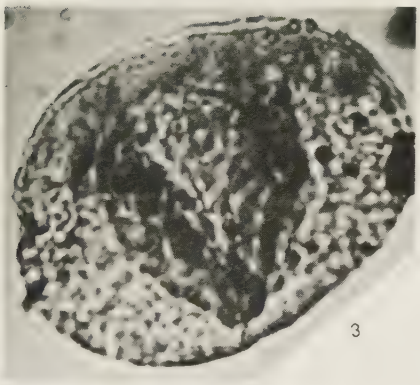
5 - Fl. elongata. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 555 x 1000

6 - Fl. elongata. Saint Perdoux, Mines du Soulié, couche 3, lame n° 1876 x 500

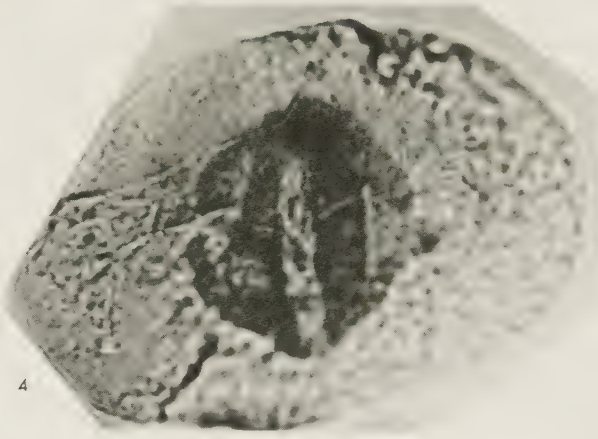
1



2



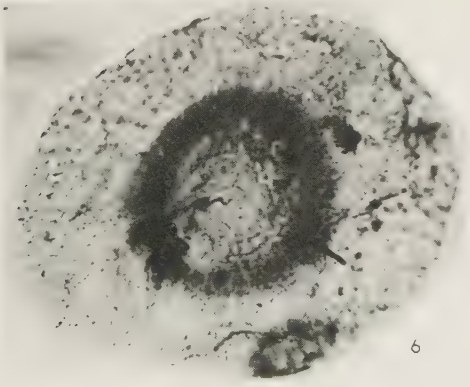
3



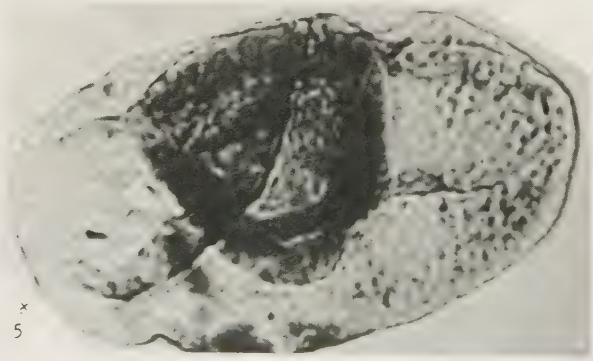
4

50 µ

×



6



5

P L A N C H E 1 9

Fig. 1 - Florinites millotti. Carmaux, couche V du mur, lame n° 633 x 1000

2 - Fl. ovalis. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 800 x 1000

3 - Fl. pumicosus. Carmaux, veine D, lame n° 665 x 600

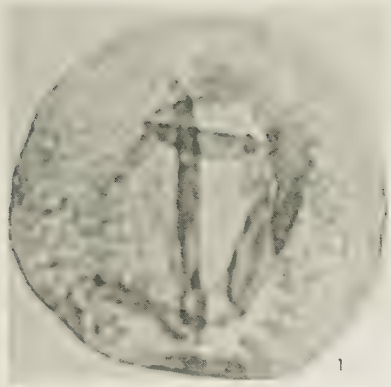
4 - Fl. cf. pumicosus. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 808 x 1000

5 - Fl. triletus. Carmaux, couche V du mur, lame n° 633 x 1000

6 - Candidispora candida. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 600 x 1000

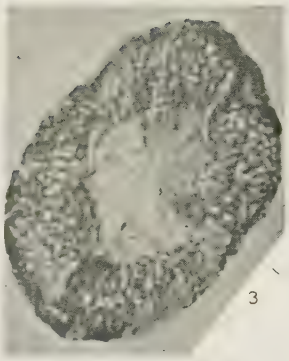
7 - Potoniesporites cf. bhardwaji. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 808 x 1000

PL 19

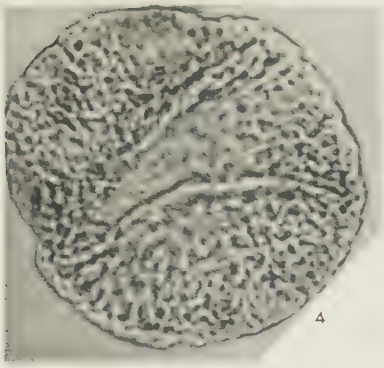


1

2



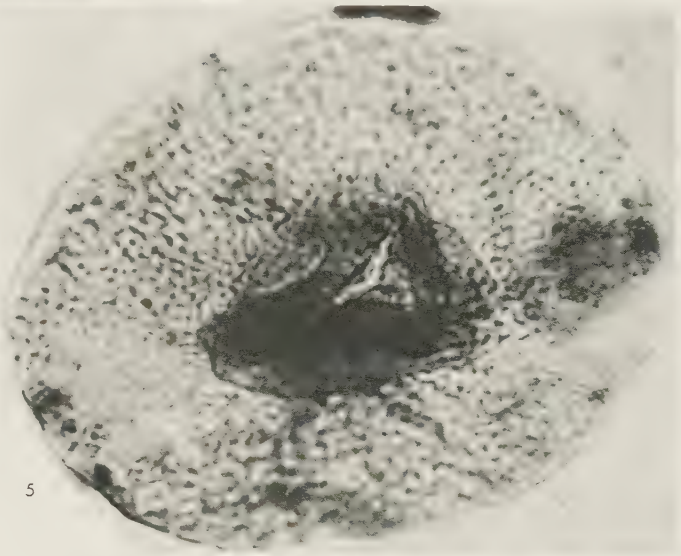
3



4

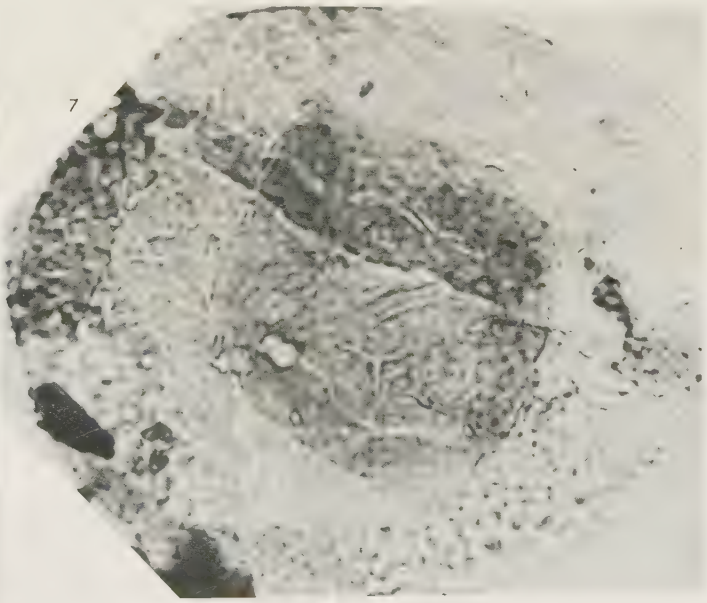
50 μ

×



5

6



7

P L A N C H E 2 0

Fig. 1 - Potoniesporites turboreticulatus. Carmaux, grande couche du mur, lame n° 668 x 1000

2 - Latensina triletus. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 724 x 1000

3 - Latensina sp. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 555 x 1000

4 - Bascanisporites parvisaccus. Cruéjouls, couche 3, lame n° 440 x 1000

5 - Illinites elegans. Carmaux, grande couche du toit, lame n° 615 x 600

6 - Alisporites sp. Decazeville, sondage Nauquières VI, lame n° 1337 x 1000

7 - A. sp. Cruéjouls, lame n° 440 x 500

8 - Pityosporites communis. Decazeville, sondage Laborde II, lame n° 2699 x 1000

9 - P. sp. Carmaux, couche Marmottan, lame n° 800 x 1000

10 - Platysaccus sp. Carmaux, couche IV, lame n° 1137 x 600

11 - Aumancisporites. Cruéjouls, couche 1, lame n° 440/3 x 1000

PL 20

P L A N C H E 2 1

Fig. 1 - Schopfipollenites tenuis. Saint Perdoux, Mines du Soulié
couche 2
lame n° 1874 x 1000

2 - S. tenuis. Saint Perdoux, Mines du Soulié
couche 2
lame n° 1874 x 500

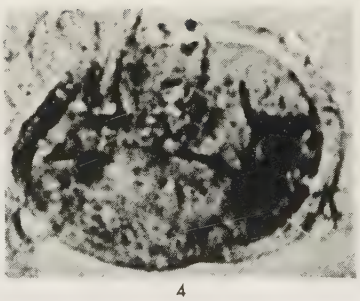
3 - S. tenuis. Carmaux, couche Marmottan,
lame n° 799 x 1000

4 - Monoalites ovalis. Decazeville Sondage Firmy X
lame n° 1053 x 1000

2 X

1

3



4

10 µ

20 µ x

PLANCHE 22

Fig. 1 - Cheileidonites gigantea. Carmaux, grande couche du mur, lame n° 303 x 1000

2 - C. potoniei. Decazeville, Sondage Firmy VIII, lame n° 1049 b x 1000

3 - C. major. Decazeville, sondage Firmy VIII, lame n° 1044 a x 1000

4 - Entylissa caperata, Decazeville, sondage Nauquières V, lame n° 1355 x 1000

5 - Centonites sp. Saint Perdoux, Mines du Mas del Bos, lame n° 1875 x 1000

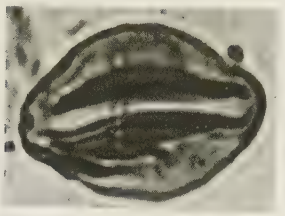
Cuticules

6 - Carmaux, couche Marmottan III, lame n° 2509 x 500

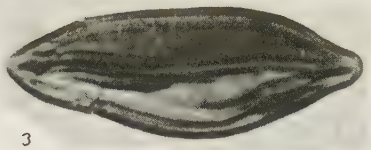
7 - Carmaux, couche Marmottan III, lame n° 2509 x 500

8 - Carmaux, veine H, lame n° 2053/1 x 350

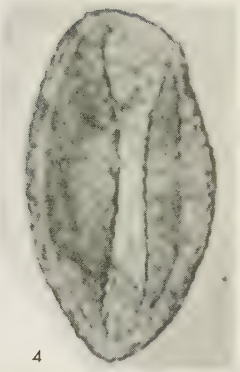
1



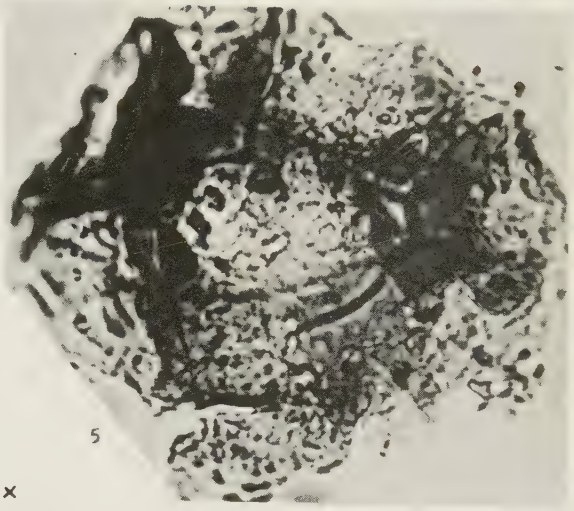
2



3



4



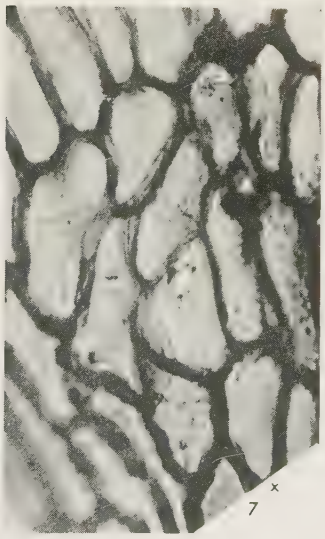
5

50 µ ××

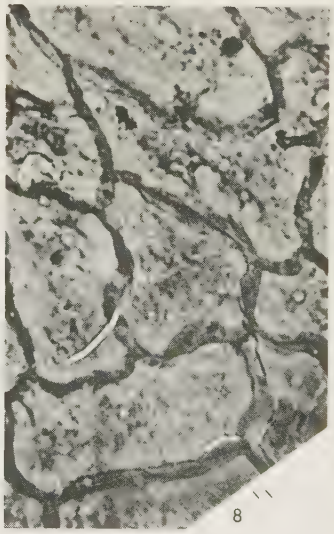
50 µ ×

50 µ

6



7



8

P L A N C H E 2 3

Fig. 1 - Laevigatosporites glabratus. Carmaux. Couche Marmottan x 25

2 - Tuberculatisporites subfuscus. Carmaux. Couche Marmottan x 25

3 - Tuberculatisporites mamillaris. Carmaux. Couche Marmottan x 25

4 - Colisporites olgae. Carmaux. Couche Marmottan x 25

5 - Triangulatisporites tertius. Carmaux. Couche Marmottan x 25

6 - Setosisporites hirsutus. Carmaux. Couche Marmottan x 25

7 - Valvisisporites auritus. Carmaux. Couche Marmottan x 25

8 - Valvisisporites flavus. Carmaux. Couche Marmottan x 25

9 - Coronatisporites brasserti. Carmaux. Couche Marmottan x 25

10 - Coronatisporites brasserti. Carmaux. Couche Marmottan x 25

11 - Coronatisporites ovalis. Carmaux. Couche Marmottan x 25

12 - Bentzisporites bergouniouxi. Carmaux. Couche Marmottan x 25

13 - Bentzisporites luxatus. Carmaux. Couche Marmottan x 25

14 - Bentzisporites tricollinus. Carmaux. Couche Marmottan x 25

15 - Cystisporites varius. Carmaux. Couche Marmottan x 25

16 - Microsporites radiatus. Carmaux. Couche IV, Lame n° 302 x 200

PL 23

PLANCHE 24

Cuticules.

Fig. 1 - Carmaux. Couche Marmottan III. Lame n° 2509 x 600

2 - Carmaux. Couche Marmottan III. Lame n° 2509 x 400

3 - Carmaux. Veine H. Lame n° 2051 x 350

4 - Carmaux. Couche Marmottan. Lame n° 655 x 100

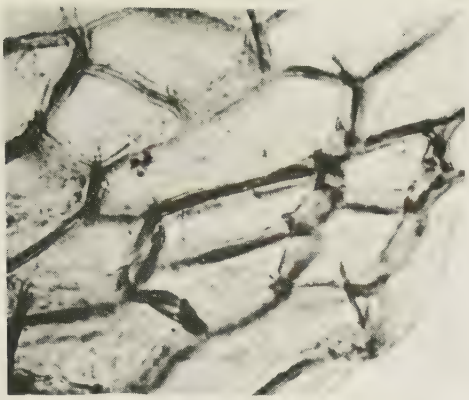
5 - Carmaux. Couche Marmottan. Lame n° 2507 x 150

6 - Carmaux. Couche Marmottan. Lame n° 2507 x 400

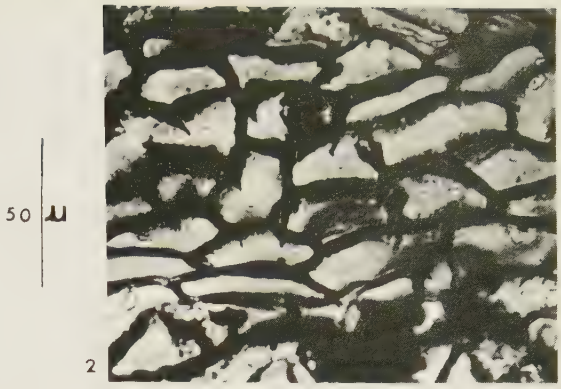
7 - Carmaux. Veine H. Lame n° 2050 x 350

8 - Carmaux. Veine H. Lame n° 2050 x 350

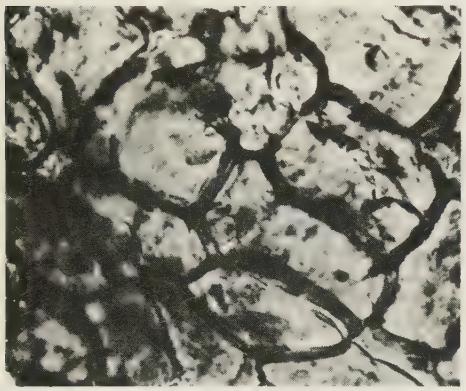
PL 24



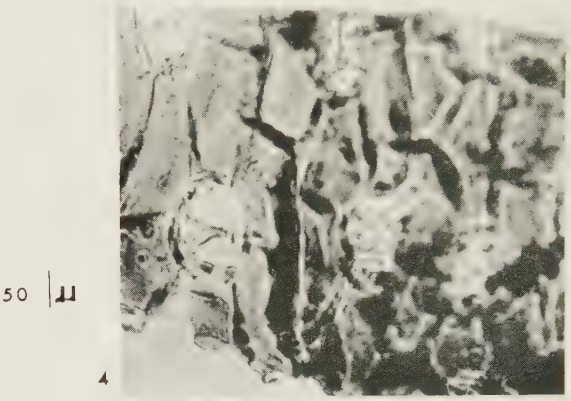
1



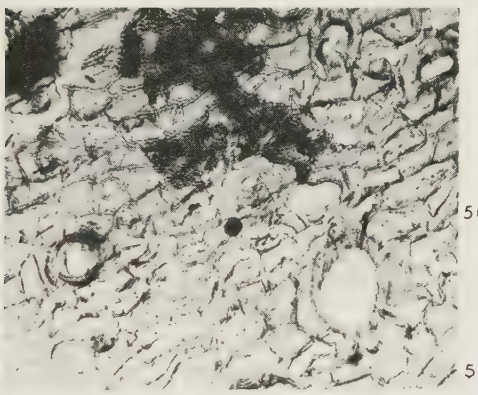
2



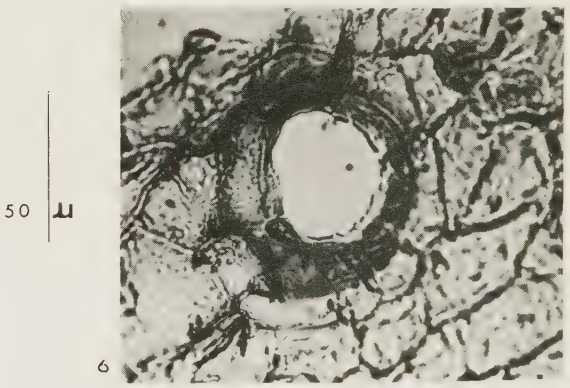
3



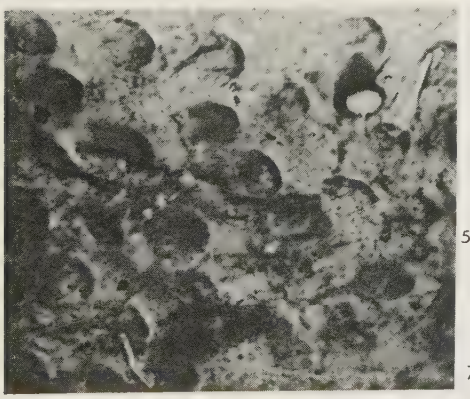
4



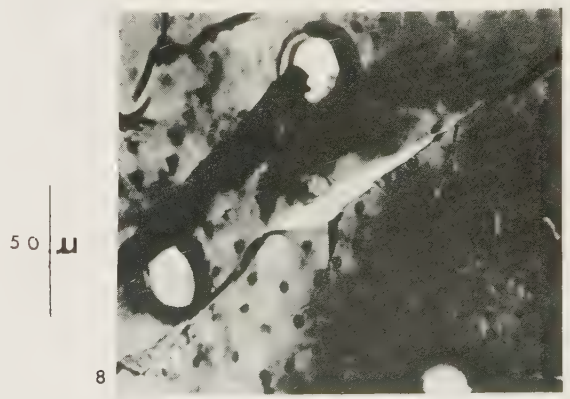
5



6



7



8

C H A P I T R E III.

ETUDE STATISTIQUE

I - METHODES DE TRAVAIL

Nous avons étudié chaque veine dans sa totalité en allant du toit au mur, à partir d'échantillons provenant de prélèvements successifs et continus de 20cm. d'épaisseur pour les charbons. (Nous avons adopté l'ordre du toit au mur car la mine numérote les échantillons dans cet ordre quand il s'agit de prélèvements ce qui est le cas, et du mur au toit pour les sondages). (exemple fig. 3 et détail tableau 1 et 2)

Il nous a donc été fourni de 10 à 20 échantillons par veine suivant l'épaisseur de ces dernières. A partir de chacun de ces échantillons traités séparément, suivant les méthodes indiquées au chapitre I, nous avons réalisé 4 montages pour l'étude des microspores.

Ces montages ont donné lieu à des comptages.

Nous avons compté 500 spores par échantillons traités en utilisant la plupart du temps un seul montage, les spores étant abondantes. Les 3 autres montages ont été examinés uniquement à des fins de déterminations spécifiques.

Nous avons ensuite calculé les fréquences des divers genres de spores observés et donné leur valeur en pourcentage.

On doit remarquer que ces fréquences sont des fréquences relatives. En effet, chacune d'entre elle est sous la dépendance des fréquences des autres genres de l'association considérée ; si la fréquence d'un genre diminue, les fréquences des autres se trouvent par là même augmentées et inversement.

On a distingué : les spores principales qui sont celles dont les fréquences sont supérieures à 1%, les spores accessoires dont les fréquences sont entre 0,1 et 1% , et les spores négligeables dont les valeurs sont inférieures à 0,1%.

A partir des chiffres ainsi obtenus, nous avons construit des histogrammes en portant horizontalement les fréquences, et en

adoptant une échelle, 1cm ou ½cm = 10%. Pour rendre les histogrammes comparables, nous avons sélectionné 31 genres parmi ceux qui étaient les mieux représentés dans les comptages. Il est évident que certains genres risquent de ne jamais être portés sur ces histogrammes bien qu'étant comptés, ils apparaissent sporadiquement avec des valeurs de spores accessoires ou négligeables. Nous les mentionnons par ailleurs, d'autant plus que certaines de ces formes sont interessantes par leur présence constante à certains niveaux et leur disparition à d'autres.

Chaque veine se trouve donc représentée par plusieurs histogrammes (1 pour 20 cm de charbon) et 1 pour chaque niveau stérile.(1) Nous avons également calculé pour chaque genre représenté la moyenne des fréquences par sillon (charbon compris entre deux niveaux stériles) et pour la veine entière.

Nous avons ainsi obtenu un profil caractéristique, non seulement pour chaque prélèvement mais aussi pour chaque sillon, et pour chaque veine. (fig. 4 veine C à titre d'exemple)

Parfois, le prélèvement a été effectué non plus par tranches de 20cm mais directement par sillon ; d'autres fois il s'agit d'un prélèvement moyen unique pour l'ensemble d'une couche.

Nous avons alors compté 1000 à 2000 spores par montage suivant les cas. Nous avons donc pu observer de 2000 à 20 000 spores pour chaque couche suivant son épaisseur.

TABLEAU 1

Nom de la veine	Dénomination donnée au prélèvement	Secteur	Nombre d'échantillons ou nature du prélèvement
Veine 0	non exploitée		
Veine I	non exploitée		
Veine II	Cx II	Grillatié	global
Veine III	Cx III Cx III	Grillatié Grillatié	2 sillons global
Veine IV	Cx IV_2 Cx IV_4 Cx IV_5	Grillatié Grillatié Grillatié	11 échantillons 7 échantillons 2 sillons
Veine V	Cx V_3 sillon du mur Cx V	Grillatié Grillatié	7 échantillons global
Veine A	Cx A_1 Cx A_2	Tronquié Tronquié	16 échantillons 4 échantillons

Détail des veines étudiées (Carmaux Nord)

(1) Le mot "stérile" est employé par les exploitants pour désigner un niveau non charbonneux.

VEINE C - REGION 3

SIEGE DE S^TE MARIE

Position des échantillons prélevés

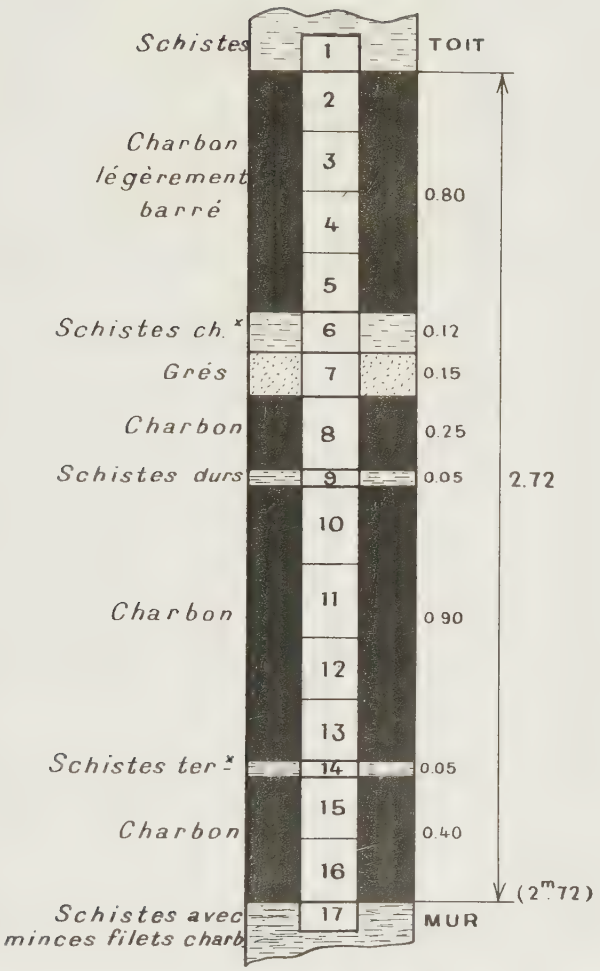
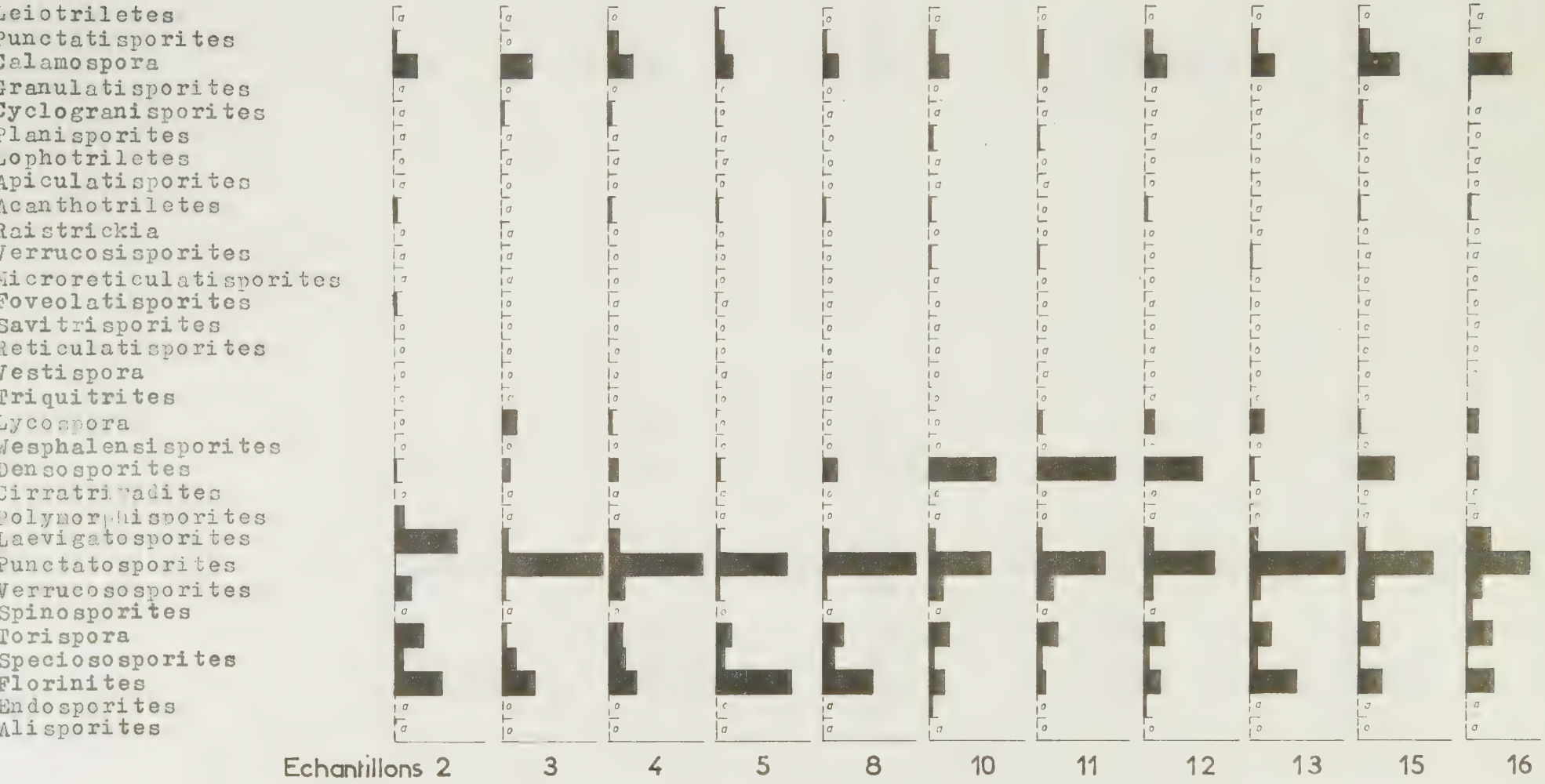


Fig. 3

Veine C _ Région 3 _ Siége de Ste. MARIE

1) Histogrammes de prélèvements successifs et continus

CHARBONS SEULS



Echelle: 10 %

Fig. 4

Veine C _ Région 3 _ Siége de Ste. MARIE

2) Histogrammes par sillon. 3) Histogramme moyen.

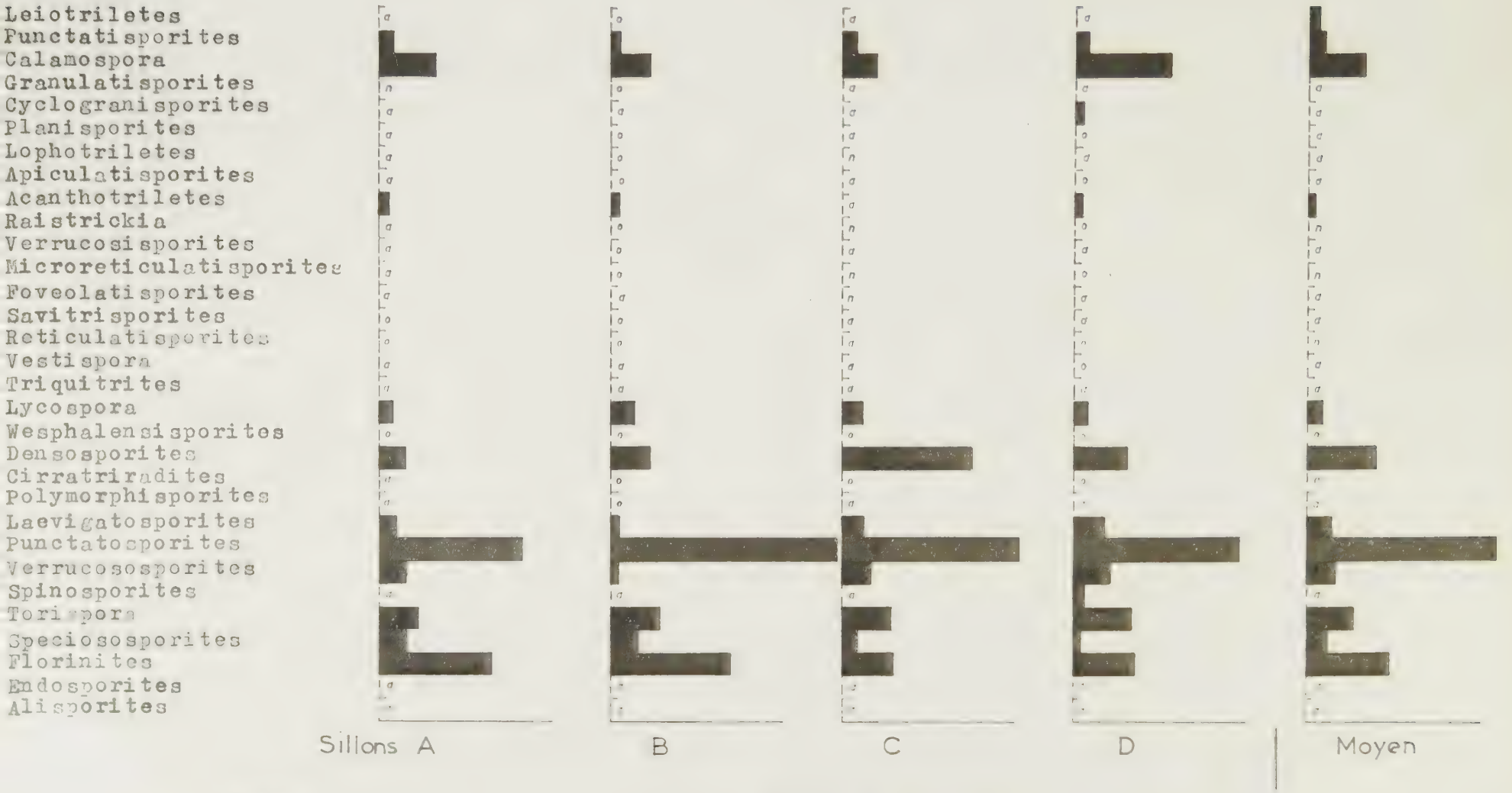


Fig. 4 (suite)

Tableau 1

(suite)

Nom de la veine	Dénomination donnée au prélèvement	Secteur	Nombre d'échantillons ou nature du prélèvement
Veine B du toit	Cx B t_1	Tronquié	7 échantillons
Veine B	Cx B_1	Tronquié	7 échantillons
Veine C du toit	Cx C t_1	Tronquié	8 échantillons
Veine C	Cx C_1 Cx C_2	Ste Marie Tronquié	11 échantillons 4 sillons
Veine C du mur	Cx C_m	Tronquié	5 échantillons
Veine D du toit	Cx D t	Tronquié	4 échantillons
Veine D	Cx D	Ste Marie	11 échantillons
Veine F	Cx F_1 (entre deux ED sillon du toit) Cx F_1 (sillon du mur) Cx F_2 (ED) Cx F_3 (ED) Cx F_4 2e tranche (ED) toit Cx F_4 1e tranche sillon du mur	Tronquié Tronquié Tronquié Tronquié Tronquié Tronquié	3 sillons 2 sillons global global 10 échantillons 9 échantillons
Veine E	Cx E_1 Cx E_2	Ste Marie Ste Marie	11 échantillons global
Veine G	Cx G_1 Cx G_2	Tronquié Tronquié	20 échantillons global
Veine H	Cx H	Ste Marie	7 échantillons
Veine I	Cx I	Ste Marie	global
Veine J	Cx J	Ste Marie	global

TABLEAU 2

Siège de Cagnac Carmaux-Sud

Détail des veines étudiées

Petit Jean	Pas de prélèvement		
Veine G	Pas de prélèvement		
Henriette	Pas de prélèvement		
Marmottan	Cx M_5 Cx M_1	Cagnac Cagnac	15 échantillons 3 sillons
Grande couche du toit	Cx Gct (sillon du toit) Cx Gct	Cagnac Cagnac	11 échantillons global
Grande couche du mur	Cx Gcm (sillon du toit) Cx Gcm	Cagnac Cagnac	9 échantillons global
Marguerite	Cx Mg	Cagnac	10 échantillons

Il n'est fait état dans ce tableau que des préparations concernant les charbons. L'étude des murs, des épontes et des toits, grès, schistes, carbonates, tonstein a été menée parallèlement et sera développée par la suite.

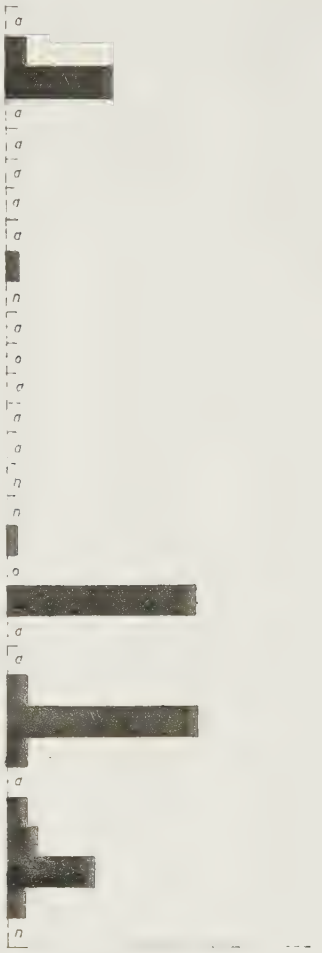
En ce qui concerne les charbons, si certaines couches ont pu être étudiées très en détail, nous ne possédons pour d'autres, qu'un prélèvement global : veine J, I et II. Nous sommes amenés à nous demander s'il est possible de comparer des résultats établis d'après de nombreux prélèvements continus - 10, 15 et même 20, et des résultats établis sur un seul prélèvement global.

Pour nous en assurer, nous avons examiné les résultats obtenus pour une veine étudiée de deux manières. Soit la veine E de Sainte-Marie (voir fig. 5) (1). Dans le premier cas on a

(1) Nous devons mentionner que nous avons employé le terme Densosporites dans le sens Densosporites + Cristatisporites, et Verrucososporites dans le sens Thymospora, l'avancement des travaux n'ayant pas permis une correction, de même pour Apiculatisporites et Apiculatisporis.

HISTOGRAMMES DE LA VEINE E.

Leiotriletes
Punctatisporites
Calamospora
Granulatisporites
Cyclogranisporites
Planisporites
Lophotriletes
Apiculatisporites
Acanthotriletes
Raistrickia
Verrucosisporites
Microreticulatisporites
Foveolatisporites
Savitrisporites
Reticulatisporites
Vestispora
Triquitrites
Lycospora
Wesphalensisporites
Densosporites
Cirratriradites
Polymorphisporites
Laevigatosporites
Punctatosporites
Verrucososporites
Spinosporites
Torispora
Speciososporites
Florinites
Endosporites
Alisporites



Moyenne

Prélèvement global.

Fig. 5

10%

compté 5.000 spores soit 500 par échantillons, dans le second cas on a compté 2.000 spores sur un seul échantillon global. Si on examine les histogrammes, on se rend compte qu'il y a quelques variations :

Calamospora	13, 9 et 21, 4 %
Punctatosporites	25, 2 et 14 %

Mais il y a également des chiffres assez voisins :

Densosporites	24, 96 et 27, 5 %
Laevigatosporites	2, 66 et 1, 30 %
Verrucososporites	2, 52 et 3, 56 %

Enfin, les fréquences des Torispora (2, 56 et 4, 3 %), des Speciososporites (3, 9 et 4, 4 %) et des Florinites (11, 32 et 14 %) ne sont pas très éloignées.

Si on compare deux prélèvements effectués de la même manière (échantillonnage ontinu en deux points différents du bassin Cx IV_2 et Cx IV_4 par exemple) on trouvera les mêmes écarts: Calamospora 16, 62 et 28, 85 % et les mêmes ressemblances : Florinites 9, 8 et 11, 76 %.

D'autre part, si on se rapporte à l'étude d'ALPERN sur le critère d'absence et le calcul théorique, on voit qu'entre le nombre de spores comptées dans chaque cas, nous avons une marge plus faible que celle donnée par son tableau pour l'erreur maximum.

Enfin, nous verrons par la suite que le profil de l'histogramme donné par le nombre de spores les unes par rapport aux autres compte plus qu'un écart de 10 % pour la même spore si elle existe en abondance. Or les deux histogrammes présentent en tous points les mêmes caractères et définissent un même profil (voir fig. 5).

Les résultats de prélèvements uniques et globaux pour une veine donnée pourront donc être utilisés quand on n'en possèdera pas d'autres.

Nous avons rencontré également une autre difficulté, pour une même veine : la veine F. Les comptages présentent de telles différences, que les profils des diagrammes ne sont plus identiques. Nous avons alors reporté les résultats extrêmes en essayant de déterminer les causes de ces différences. Un examen détaillé permet donc des remarques, que l'étude de moyennes n'aurait pas permises. Après cette mise au point, nous envisagerons une étude d'ensemble des différentes veines et nous donnerons les résultats qui en découlent.

II - SIMILITUDE DE LA COMPOSITION PALYNOLOGIQUE DES VEINES DE CHARBON POUR L'ENSEMBLE DU BASSIN DE CARMAUX

Les résultats obtenus permettent de mettre en évidence de nombreux points communs entre toutes les couches (voir fig. 6.7. hist. et tableaux 3 et 4). Les Punctatosporites sont très abondantes, de 20 % à 42 %, la moyenne étant 30,6 %. Les Laevigatosporites et les Verrucososporites se présentent toujours en nombre à peu près égal dans chaque couche. Voici quelques chiffres à titre d'exemple :

7,21 et 6,37 % pour la veine A
5,26 et 5,53 % pour la veine C du mur.

L'examen des histogrammes met en évidence des résultats d'un étonnant parallélisme et permet de se rendre compte que ce fait est général. La moyenne des fréquences de ces spores pour toutes les couches étudiées est d'ailleurs de 5,6 % pour les Laevigatosporites et 5,7 % pour les Verrucososporites ; le nombre des Florinites est assez variable, la moyenne étant 15,75 % ainsi que celui des Densosporites dont la moyenne est 8 %. Il y a de nombreuses Calamospora, 13 % ; les Lycospora sont présentes, 1 %, ainsi que les Spéciososporites, 3 %.

Ces fréquences, traduisent les caractères, déjà en partie mis en évidence, pour d'autres séries Stéphaniennes (ALPERN - 1963 DOUBINGER - 1963).

Cependant, les tableaux montrent des différences de détail, qui soulignent des variations, dépendant du niveau stratigraphique de la veine considérée.

III - VARIATIONS LIEES A L'AGE DES TERRAINS DANS L'ENSEMBLE DU BASSIN DE CARMAUX

1°/ Variations verticales

Ces variations verticales permettent de dégager des séries de veines plus proches entre elles.

Les veines D, C, B, et A présentent une grande similitude pour le nombre des Calamospora, des Laevigatosporites, des Spéciososporites, comme le montre le tableau 3, et les histogrammes (fig. 6).

La veine F pour le prélèvement Cx F_1 (que nous disons de type F_2), peut s'intégrer à cet ensemble, mais le prélèvement Cx F_4 étant cependant représenté par des sillons similaires à

HISTOGRAMMES MOYENS PAR VEINES

CARMAUX NORD (ZONE III)

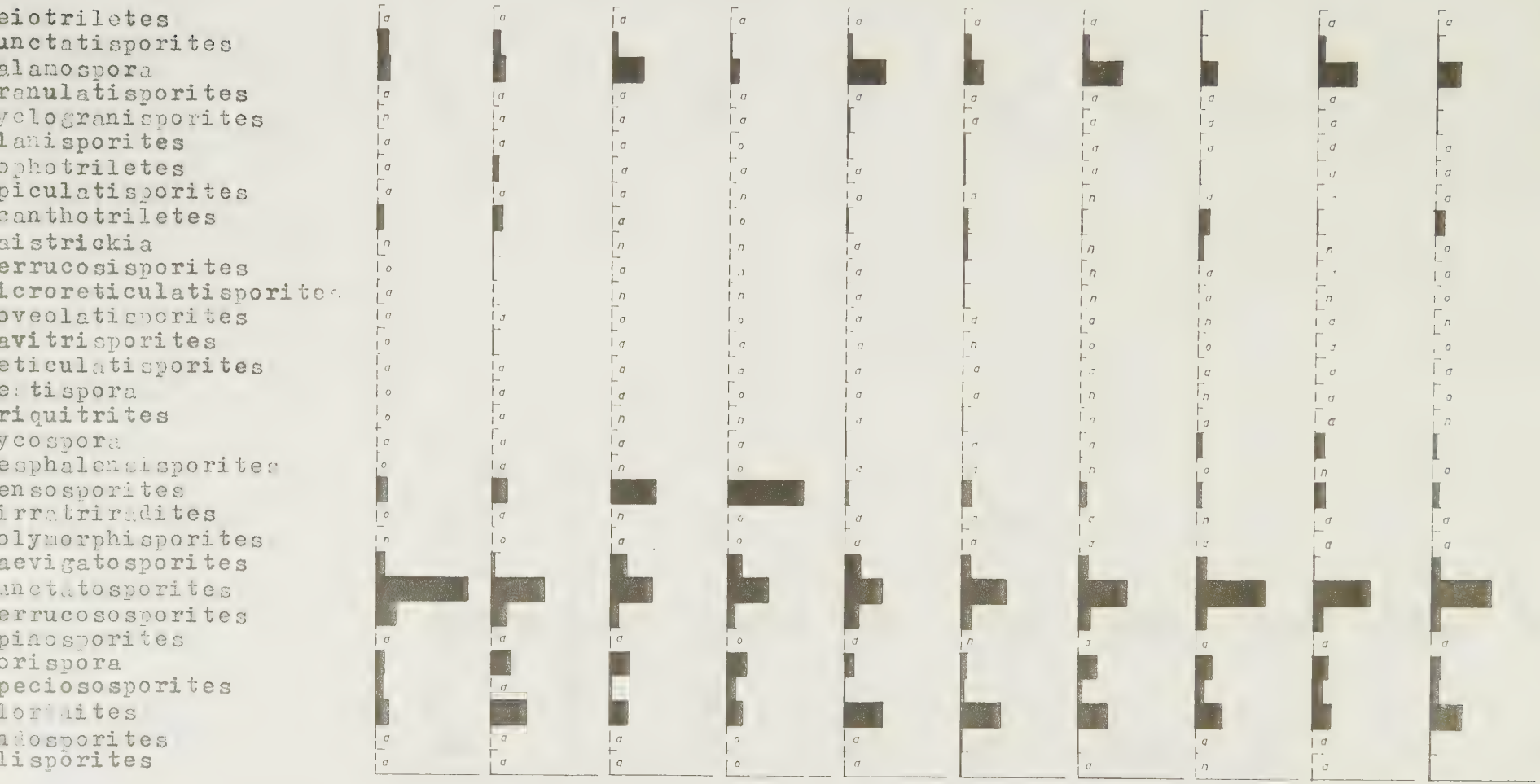


Fig. 6

HISTOGRAMMES MOYENS PAR VEINES
CARMAUX NORD

Fig. 6 (suite)

HISTOGRAMMES MOYENS PAR VEINE
CARMAUX_SUD

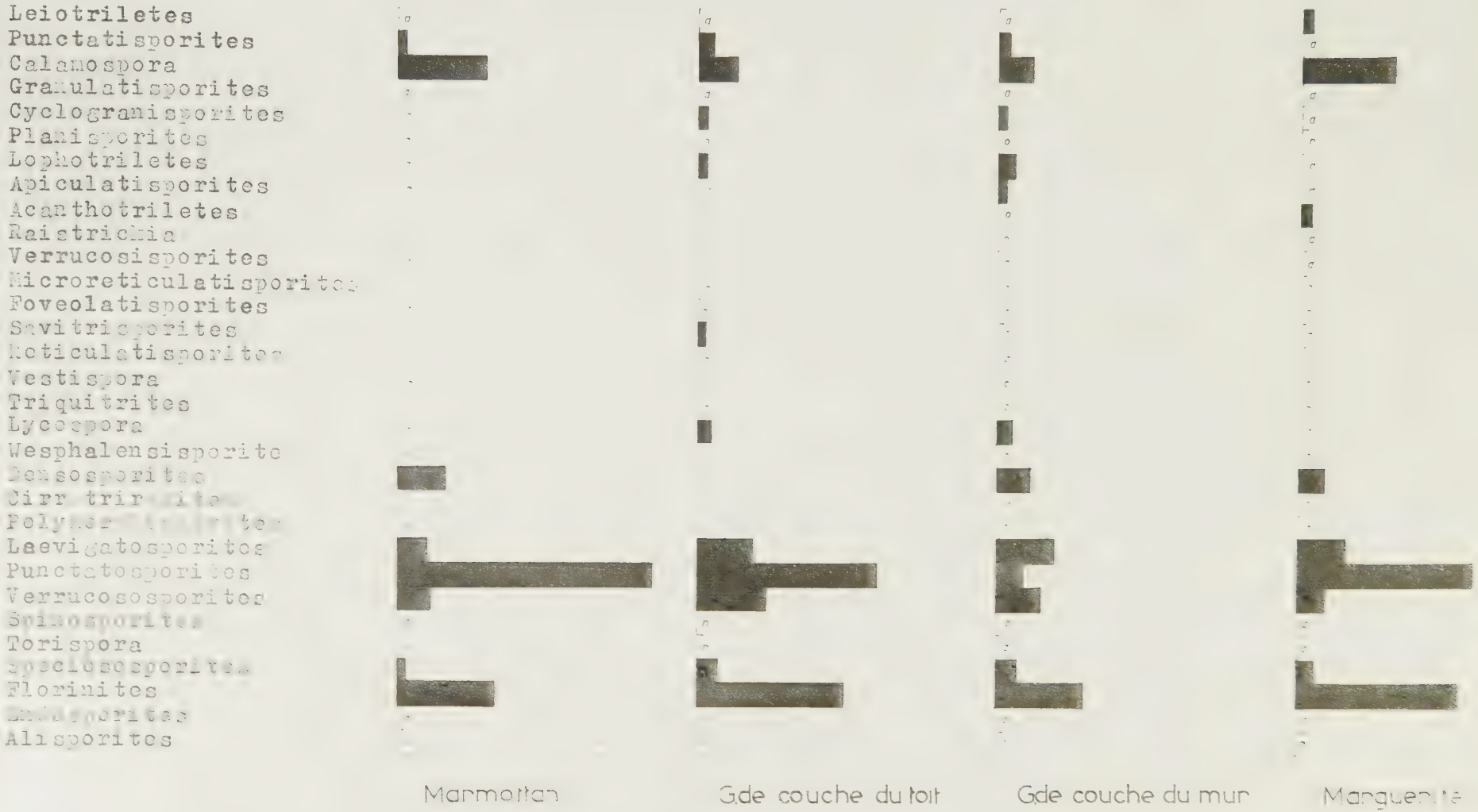


Fig. 7

TABLEAU 3

Variations des fréquences des principaux genres de spores
(Carmaux Nord)

On trouvera les noms des genres correspondant aux chiffres 1-2-3-4-5-6-7-8 au bas du tableau.

n°	1	2	3	4	5	6	7	8	
II	6	4,3	48,73	9,4	4,26	3,6	6,16	4,83	
III	4,8	1,8	27,6	6,8	9,7	0,2a	18,8	7,6	
IV	16.62	2,91	21,94	3.82	10,85	1,4	9,8	24,08	
V	3, 79	7,27	22,78	3,50	9,84	3,96	7,6	41,43	
A	20	7,21	18,92	6,97	4,05	1,48	18,98	3,08	ZONE III
B du toit	10,38	4,23	24,83	5,46	3,62	2,38	22	4,77	
B	21,16	5,32	26,27	6,03	9,6	1,81	15,75	3,35	
C du toit	8,54	5,51	35,88	5,91	8,2	4,42	14,34	2,34	
C	21,65	3	30,17	4,54	6,97	3,71	8,11	5,71	
C du mur	12,2	5,26	32,53	5,53	3,72	2,73	16,33	3,13	
D du toit	12,66	5,66	42,01	4,55	1,77	1,38	18,11	9,5	
D	21,27	4,75	30,27	5,52	7,43	3,43	8,85	3,32	
F_3	11	3,9	42,35	7,2	5,6	2,85	5,9	9,7	
F_4	13,27	3,61	25,35	6,3	3,57	5,66	17,91	3,61	ZONE II
[illegible]	13,9	2,66	25,02	4,16	2,54	3,1	11,34	24,96	
G	15	8	28,4	6	2,3	3	26,8	3,6	
H	14,6	4,11	34,05	5,51	0,8a	9,57	14,02	2,82	ZONE I
I	7,14	7,73	34,84	6,99	0,61a	2,36	15,42	7,49	
J	13,2	3,6	42,80	1,05	0,8a	3,6	23,8	2,4	

1 - Calamospora
2 - Laevigatosporites
3 - Punctatosporites
4 - Verrucososporites
5 - Torispora
6 - Speciososporites
7 - Florinites
8 - Densosporites

TABLEAU 4.

Variations des fréquences des principaux genres de spores

Cagnac

(Carmaux Sud)

On trouvera les noms des genres correspondant aux chiffres 1-2-3-4-5-6-7-8 au bas du tableau.

n°	1	2	3	4	5	6	7	8	
Marmottan	14,82	5,04	44,11	5,83	0,71a	1,33	16	8	I
Grande couche du toit	6,59	9,24	29,95	11,50	0,09	3,34	24,5	0,63a	
Grande couche du mur	5,66	9,84	4,33	7,36	0,10a	3,57	14,73	5,68	
Marguerite	14,96	8	28,79	4,59	0,54a	2,85	26,75	4,29	
					régulièrement variable		variable.	de façon imprévisible.	

1 - Calamospora
2 - Laevigatosporites
3 - Punctatosporites
4 - Verrucososporites
5 - Torispora
6 - Speciososporites
7 - Florinites
8 - Densosporites

ceux de Cx F_1 (ED, 2ème tranche + F_1, 1ère tranche) sera dit de type F_1 car il présente des différences nettes, surtout pour les fréquences des Torispora. (voir tableau 3).

Cette variation des fréquences des Torispora va être le fait le plus important, on va noter une augmentation des veines inférieures aux veines supérieures (tabl. 3-4 et fig.6-7).

Les veines Grande couche du mur, Grande couche du toit, Marmottan, J, I, H, comptent les Torispora comme spores négligeables ou comme spores accessoires (0, 5 % en moyenne) ; la fréquence augmente dans les veines G et E pour atteindre 2,54 % dans la veine E.

Au niveau de la veine F se produit une scission déjà mentionnée : F_1 s'apparente aux veines inférieures avec 3, 67 % et F_2 aux veines supérieures, qui voient encore la fréquence augmenter avec 5, 6 %.

Pour les veines D, C, B, A, la moyenne est de 6 % ; dans les veines supérieures V, IV, III, II, le pourcentage devient encore plus fort (8 %).

On doit également remarquer pour les veines de Carmaux-Sud, que si les Torispora sont des spores accessoires, dans la moyenne d'une couche, elles ne sont pas également réparties dans toute son épaisseur. En effet, si nous considérons ce qui se passe à Cagnac pour la Grande couche du toit et la Grande couche du mur, nous constatons que les Torispora atteignent dans le sillon du toit 1, 53 et 2, 11 %. Ce n'est qu'ensuite dans la moyenne qu'elles deviennent spores accessoires, car elles sont spores négligeables ou absentes pour le sillon du mur. Cette remarque nous montre que si une moyenne peut permettre des généralisations intéressantes, il faut bien se garder de négliger les études de détail.

Dans le temps où les Torispora voient leur pourcentage augmenter, des veines inférieures aux veines supérieures, le pourcentage des Speciososporites varie également, mais on ne peut pas dire qu'elles sont moins nombreuses puisqu'il y en a 3, 57 % dans la Grande couche du mur et 3, 6 % dans la veine II. C'est leur pourcentage par rapport aux Torispora qu'il est intéressant d'observer.

En effet, dans les veines inférieures, celles du bassin de Cagnac d'une part, J, I, H d'autre part, les Speciososporites sont toujours des spores principales ; à une exception près, elles

dépassent toujours 2 % et même atteignent un maximum de 9 % alors que les Torispora restent accessoires ou négligeables.

Dans les veines G, E, F_1, le nombre des Torispora qui dépasse 2 % reste cependant plus faible que celui des Speciososporites : 2, 3 et 3 % pour G, 2, 54 et 3, 10 % pour E, 3, 67 et 5, 66 % pour F_1.

A partir de la veine F de type F_2, les Speciososporites sont toujours en nombre inférieur aux Torispora. Voici quelques exemples pris au hasard :

Veine F_2- : 5, 6 % de Torispora contre 2, 95 % de Speciososporites

Couche V : 9, 84% de Torispora contre 3,96 % de Speciososporites

Couche III : 9, 7 % de Torispora contre 0, 2 % de Speciososporites

La fréquence des Florinites par contre varie de façon indépendante dans toutes les veines citées, leur pourcentage moyen restant tout de même toujours supérieur à celui des Speciososporites et des Torispora (voir tableaux 3 et 4). On doit remarquer qu'il y a une relation entre la fréquence des Florinites et celle des Densosporites.

Dans les veines où la fréquence des Densosporites est maximum, 24, 96 % pour la veine E, 24, 08 % pour la veine IV et 41, 43 % pour la veine V, la fréquence des Florinites est relativement faible, respectivement 11, 34 % , 9, 8 % , 7, 6 %.
De même quand la fréquence des Florinites est maximum : Grande couche du toit : 24, 5 % - veine J : 23, 8 % - veine G: 26, 8 %, la fréquence de Densosporites est minimum : respectivement 0, 63 % , 2, 4 % et 3, 6 %. Ces variations sont cycliques et en apparence imprévisibles.

Nous pouvons également remarquer que les Densosporites qui, en principe, sont spores principales dans le Stéphanien A et B, peuvent du fait des variations cycliques, devenir accessoires dans certaines veines. C'est ainsi qu'on en trouve par exemple 0, 63 % dans la Grande couche du toit. Il peut donc être imprudent de se fier à l'étude d'une seule veine de charbon pour caractériser un bassin houiller et surtout pour en définir l'âge.

Après cette étude nous voyons que pour Carmaux, en définitive, ce seront les variations verticales des Torispora et des Speciososporites qui apparaissent comme les plus interessantes ainsi que la fréquence des Florinites , toujours supérieure à 10 % dans les moyennes. Les fréquences de ces spores donnent à la partie inférieure de l'histogramme un profil particulier pour chaque couche.

Parmi les couches présentant des ressemblances, certaines sont successives dans la stratification, telles F_2, D, D du toit, C du mur, C, C du toit, B, B du toit, A, V, IV, III, II ou encore G, E, F_1, ou J, I, H ; d'autres comme les veines Marguerite, Grande couche du mur, Grande couche du toit, Marmottan, J, I, H ne se succèdent plus stratigraphiquement mais présentent entre elles d'autres liens, par exemple la veine I située au Nord du horst se dédouble au Sud pour donner la veine Marmottan et la Grande couche du toit ; de même la veine J se dédouble pour donner la Grande couche du mur et la veine Marguerite.

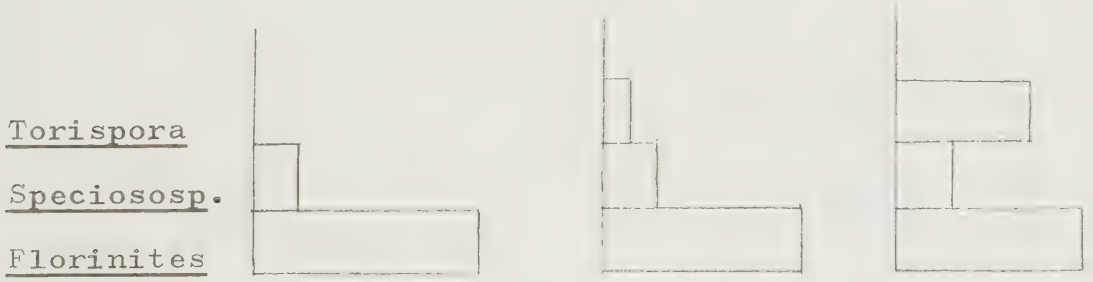
C'est VETTER qui, étudiant les niveaux repères, gores et tonstein dans le bassin de Carmaux, a établi cette corrélation : le tonstein de la veine G se retrouve au Nord et au Sud du horst, le tonstein de la veine I se retrouve dans la couche Marmottan. S'il était besoin d'apporter une preuve supplémentaire, nous pourrions la trouver dans l'examen des histogrammes des veines citées, la corrélation entre ces couches étant parfaitement établie par la parenté de ces dernières (voir histogrammesfig. 6 suite, et 7).

Nous pouvons donc ici établir la corrélation des veines :

I — Marmottan
I — Grande couche du toit

Grande couche du mur — J
Marguerite — J

Corrélations d'une part, variations verticales d'autre part, nous permettent de mettre en évidence trois zones palynologiques schématisées par la partie inférieure des histogrammes, seule représentée ci-dessous :



La zone I comprenant les couches inférieures :

Marmottan)
Grande couche du toit) Cagnac = Carmaux - Sud
Grande couche du mur)

Veine I)
Veine J) Carmaux - Nord
Veine H)

La zone II comprenant :

Veine E
Veine G
Veine F de type F_1

La zone III comprenant :

Veines F de type F_2
Veines D - C - B - A
Veines V - IV - III - II.

L'histogramme moyen obtenu pour toutes les couches de Carmaux, nous a permis de classer le bassin dans le Stéphanien inférieur, ce qui rejoint les conclusions de la première étude paléobotanique d'ensemble, réalisée par J. DOUBINGER en 1958. Mais les différentes zones mises en évidence par l'étude de détail des variations verticales, permettent de se demander s'il s'agit bien uniquement de Stéphanien inférieur et s'il n'y aurait pas également présence de Stéphanien moyen. En effet, la zone I en dehors de la rareté des Torispora, se différencie par la fréquence des Lophotriletes, de 1 à 2 %, des Leiotriletes voisines de 1 % et des Cyclogranisporites, de 1 à 4 %. On y relève également la présence de certaines spores accessoires significatives : Microreticulatisporites nobilis, Savitrisporites camptotus.

Dans la zone III, les Torispora deviennent spores principales avec un maximum de 10,85 % pour Cx IV_4 ; les Acanthotriletes sont plus nombreuses, plus de 1,5 % avec un maximum de 5,5 % pour la veine III, alors que les Leiotriletes, les Cyclogranisporites, les Lophotriletes sont accessoires ou négligeables.

Les spores accessoires, rares dans la région précédente, sont plus fréquentes : Planisporites Kosankei, Polymorphisporites (plusieurs espèces), Spinosporites spinosus et des Disaccites : Alisporites et Pityosporites.

Moyenne des fréquences par zone - Charbons seuls

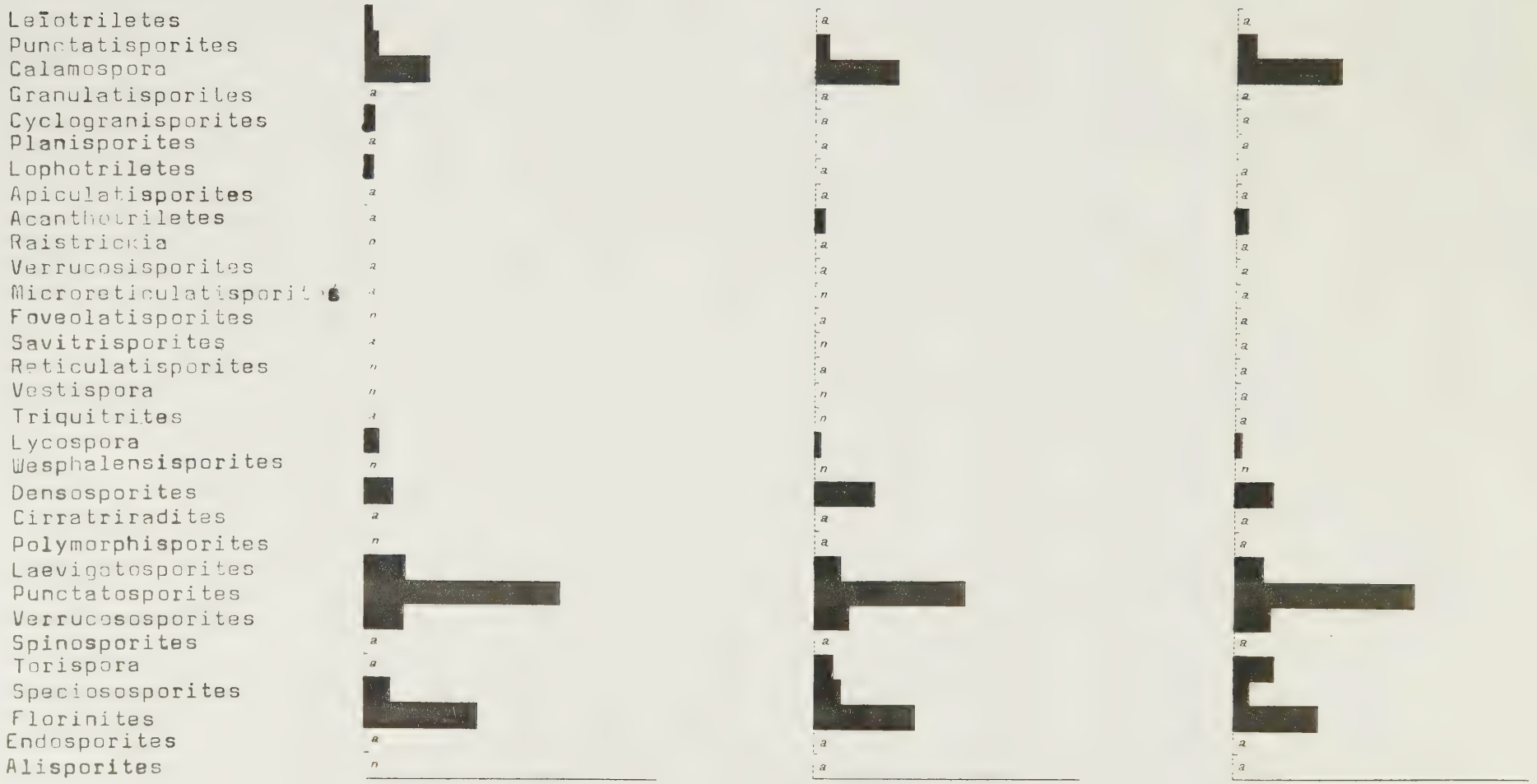


Fig. 8

ALPERN (1958) a reconnu des caractères palynologiques à peu près identiques dans le Stéphanien inférieur du Jura. De plus la zone III, dont les caractères palynologiques diffèrent, coïncide avec le faisceau attribué au Stéphanien B par les caractères de la macroflore (DOUBINGER, PI-RADONDY, VETTER et RAUSCHER -1965).

La zone II par contre présente des caractères intermédiaires des zones I et III. Donc le bassin de Carmaux ne serait pas exclusivement composé de Stéphanien A comme on le pensait jusqu'à présent, mais il comprendrait une zone attribuée au Stéphanien B dans sa partie supérieure : veine F de type F_2 et veines supérieures de D en A et de V à II. La moyenne générale des fréquences pour l'ensemble des couches du bassin de Carmaux ne le laissait pas prévoir, d'où l'intérêt des études de détail (voir diagramme des trois zones fig. 8)

Le changement dans la composition palynologique s'effectue au niveau de la veine F. Nous en possédons plusieurs prélèvements. Il sera sans doute interessant d'envisager spécialement les variations à ce niveau.

2°/ Variations au niveau de la veine F.

Nous avons étudié cette veine sur plusieurs prélèvements.

- Un prélèvement détaillé (par fractions successives et continues de 20 cm) Cx F_4.
- Deux prélèvements en 2 tranches Cx F_3 (Tranche du mur) + Cx F_2 (tranche du toit) ; et Cx F_1 (2e tranche du toit + 1re tranche du mur.)

La 2me tranche de Cx F_1 et la partie supérieure de Cx F_4 correspondent à la veine ED ou "entre-deux" qui n'existe pas sur toute l'étendue de la veine F. Cette nomenclature crée au départ une certaine difficulté, elle est due au fait que les veines D et F parfois distinctes, parfois superposées, peuvent être séparées par une veine intermédiaire (ED).

Nous allons comparer les résultats consignés dans le tableau 5 et les histogrammes de la fig. 9.

Il a paru interessant d'étudier d'abord les variations relatives des fréquences des genres Florinites, Spéciososporites, Torispora, qui nous ont déjà permis de subdiviser les terrains de Carmaux en trois zones. D'après ce schéma général nous voyons que la percée Cx F_1 effectuée dans la veine F présente les caractères de la zone III, les Spéciososporites, ont un minimum compris entre les 2 valeurs plus fortes des Florinites et des Torispora :

TABLEAU 5

	Sillon du toit			Sillon du mur		
	Cx F_2	Cx F_4	Cx F_1	Cx F_3	Cx F_4	Cx F_1
	tr. du toit	ED ou 2°tr	ED ou 2° tr	tr. du mur	1°tr	1°tr
Calamospora	18,2	9,9	10	18,75	17,02	11,2
Acanthotriletes	2,2	1,74	a	a	2,04	3
Lycospora	1,9	a	a	1,4	1,08	a
Densosporites	2,9	5,06	7,2	2,4	2	12,2
Laevigatosporites	4,8	4,06	3	9,4	4,71	4,8
Punctatosporites	20,6	29,58	51,1	19	20,06	33,6
Verrucososporites	8,5	6,90	6,6	11	6,08	7,8
Torispora	5,6	4,05	6,8	3,5	3,48	4,4
Speciosoporites	3,6	6,3	2,4	4,1	4,95	3,3
Florinites	22	14,50	4,2	19,45	21,68	7,6
	Zone III	Zone II	Zone III	Zone II	Zone II	Zone III

Variations des fréquences des principaux genres de spores au de la veine F

Veine F _ Passage de la zone II à la zone III

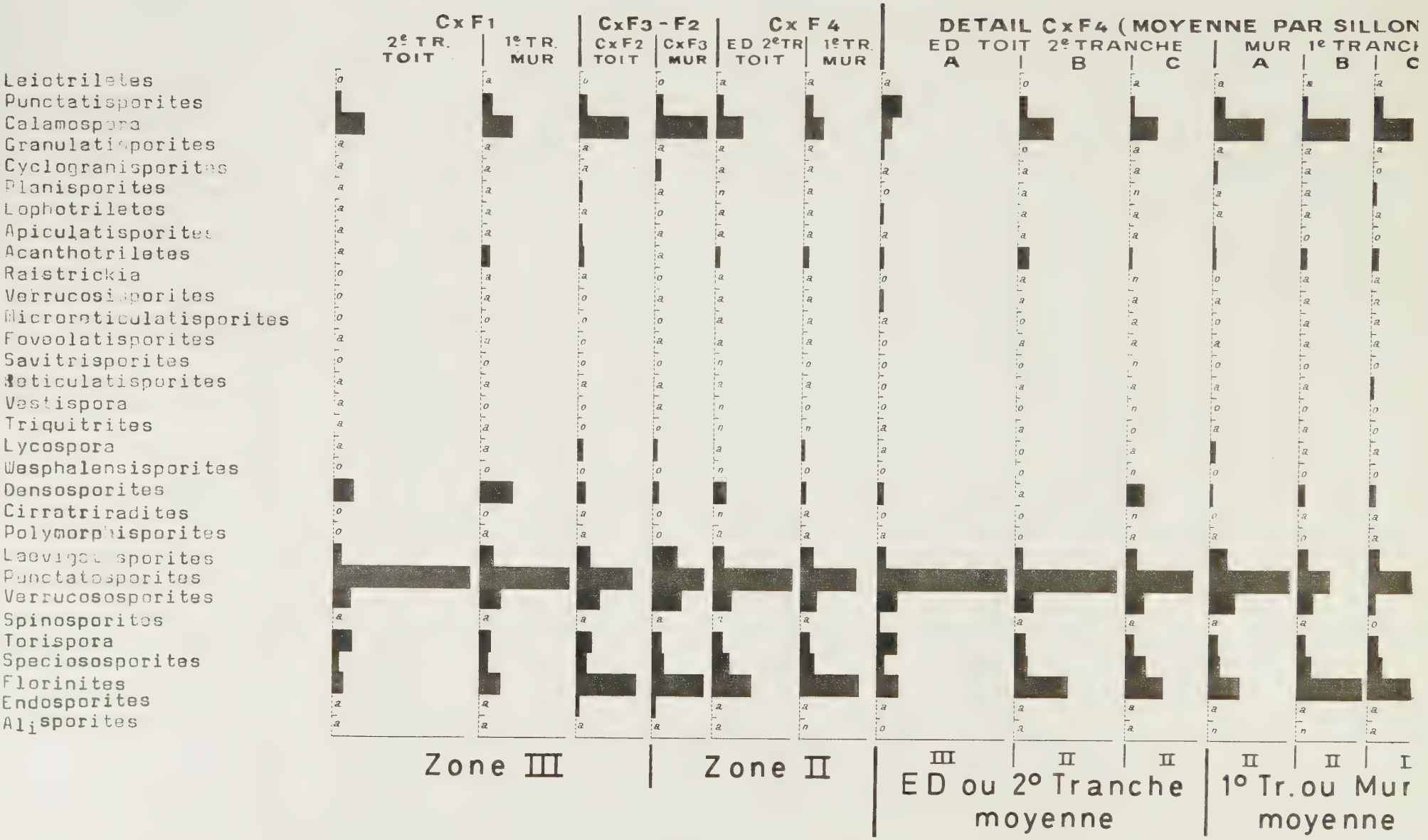


Fig. 9

4,2 % , 2,4 % , 6,8 % (tranche du toit)
7,6 % , 3,3 % , 4,4 % (tranche du mur)

Il en est de même pour la tranche du toit de la deuxième percée étudiée, Cx F_2 avec comme fréquences : 22 % , 3,6 % , 5,6 %.

Quant à la tranche du mur Cx F_3 de cette même percée, les valeurs décroissantes des fréquences des trois dernières spores citées l'apparentent à la zone II ; nous enregistrons :

19,45 % , 4,1 % , 3,5 %

Pour le prélèvement Cx F_4 les moyennes établies pour les 19 échantillons, répartis en tranche du mur et tranche du toit donnent les résultats suivants :

14,50 % , 6,3 % , 4,06 %
21,68 % , 4,95 % , 3,48 %

et nous le montrent entièrement apparenté à la zone II.

Mais si nous examinons pour la tranche du toit des résultats plus détaillés, nous voyons que la variation commence dans l'échantillon n°4 avec comme valeurs :

21,2 % , 4,8 % , 4,8 %

s'affirme dans le schiste intercalaire de l'échantillon n°3 :

13 % ; 2,8 % , 8 %

et se stabilise dans l'échantillon de charbon n° 2 qui constitue à lui seul le sillon A porté sur le tableau avec :

7.8 % de Florinites
2,8 % de Spéciososporites
7,6 % de Torispora.

Ces variations de détail sont masquées dans les moyennes, mais nous avons cru bon d'en tenir compte (la limite passant dans ce cas juste au dessous de l'intercalaire supérieure. fig. 10).

Mais il n'y a pas que le groupe Florinites, Spéciososporites, Torispora, qui marque ce passage. D'autres genres varient, c'est ainsi que les prélèvements Cx F_4 et Cx F_3 sont plus riches en Lophotriletes, Cyclogranisporites, et Reticulatisporites, que Cx F_1 est plus pauvre en Torispora, Acanthotriletes, Planisporites et Alisporites.

La veine F suivant le lieu des percées, s'apparente donc entièrement aux veines supérieures, ou seulement en partie. Il se pourrait donc qu'au niveau même de la veine F puisse se placer la "limite palynologique" entre le Stéphanien A et le Stéphanien B.

3°/ Conclusion

Les variations latérales au niveau de la veine F peuvent paraitre curieuses ; on les retrouve aussi bien au niveau des charbons qu'au niveau des grès, du carbonate de fer et des schistes. Elles nous montrent que certains dépôts peuvent s'apparenter aux couches plus anciennes, d'autres peuvent annoncer des dépôts futurs ; ceci dans des dépôts contemporains les uns des autres, situés au "passage".

On peut penser d'ailleurs que c'est ce qui donne à l'ensemble une composition intermédiaire, entre deux zones franches, si on ne considère que des moyennes ou des comptages globaux. Seule une étude détaillée pouvant mettre en évidence la variation latérale à un endroit précis.

Nous venons d'étudier les variations de la composition palynologique, liées à l'âge des terrains, mais elles n'existent pas seules. D'autres variations se retrouvent, à tous les niveaux et se répètent, permettant de supposer qu'elles sont plutôt liées à un mode de dépôt, c'est-à-dire à un faciès donné.

IV - ETUDE DES VARIATIONS LIEES AU FACIES

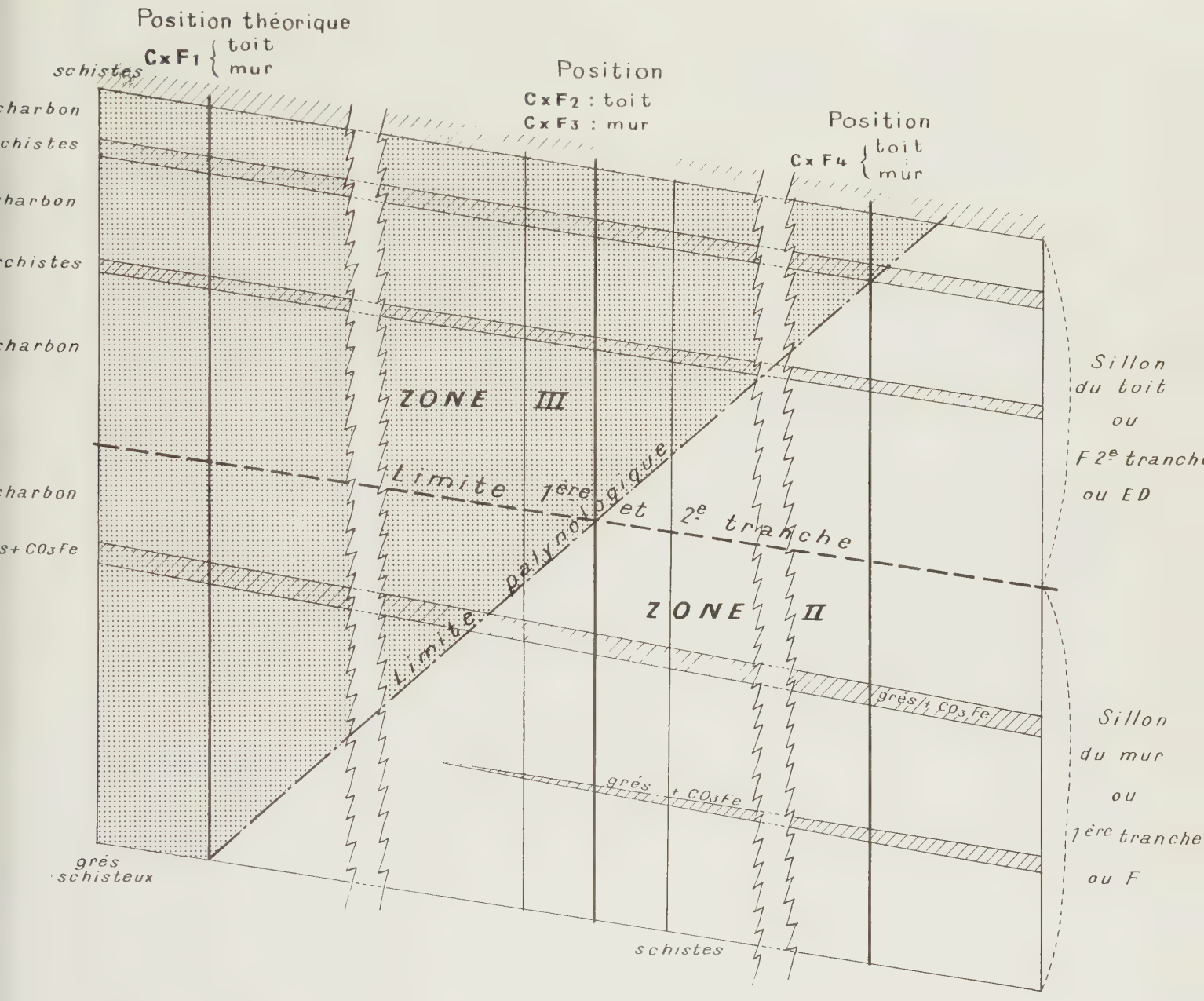
1°/ Variations verticales

1) Cas d'une veine examinée dans son ensemble, délimitation des sillons

Nous observons les comptages et les histogrammes, réalisés pour certaines veines, étudiées par fractions de 20 cm.

Les variations portant surtout, à l'intérieur d'une même veine, sur les fréquences des genres Densosporites et Florinites, nous allons les envisager. Nous porterons accessoirement les fréquences des Lycospora car POTONIE et STACH pensent qu'elles varient dans le même sens que les fréquences des Densosporites : nous verrons ce qu'il en est à Carmaux.

Des cas très variés peuvent se présenter, les exemples considérés pouvant ne pas présenter de niveaux intercalaires, ou en posséder un ou plusieurs, ce qui divise la veine en sillons distincts.



Zone III Zone II

CxF4 change au dessus du schiste (1ère intercalaire supérieure)

- FIG. 10 -

Limite des zones au niveau de la veine F

(Zones palynologiques II et III)

1er exemple: Pas de niveau intercalaire stérile (Grande couche du toit - Cagnac).

Examinons les résultats portés dans le tableau 6. Nous voyons que lorsque les Densosporites sont spores accessoires, les Florinites ont des fréquences très élevées : 27,5 à 32,8 % de même au maximum des Densosporites correspond une fréquence plus faible des Florinites : 17,8 %.

2me exemple : Veine présentant un niveau intercalaire stérile.

Parmi les nombreux exemples dont nous disposons, nous choisissons la veine IV dans son prélèvement Cx IV_2 (tableau 7).

Nous voyons qu'à 34,2 % de Densosporites correspondent 1 % de Florinites ; à 16,8 % de Florinites correspondent 1,2 % de Densosporites. Les Lycospora sont à 1 % dans l'échantillon n° 4 alors que les Densosporites sont à 33 %.

Florinites et Densosporites se présentent donc comme spores cycliques, à l'intérieur d'une même veine.

Si nous établissons une moyenne, pour les fréquences de ces genres de spores de part et d'autre des intercalaires, nous avons les valeurs données par le tableau 8, valeurs absolument opposées qui permettent de bien individualiser le sillon du mur et le sillon du toit, de part et d'autre de l'intercalaire. Nous avions d'autres échantillons à notre disposition qui donnaient exactement les mêmes résultats : maximum des Densosporites dans le sillon du toit, minimum dans le sillon du mur ; variations parallèles des fréquences des Lycopora et des Densosporites.

Cependant, si on examine plus attentivement l'étude de détail de Cx IV_2 (tableau 7) on voit que le niveau intercalaire n'est pas la limite exacte et tranchée de la variation, le maximum des fréquences des Florinites ne passe pas immédiatement à un minimum au dessus de l'intercalaire mais à une valeur intermédiaire 16,2 % contre 30,4 % au dessous du niveau intercalaire et 1 % ensuite.

Il en va de même pour les Densosporites.

Donc cette variation est progressive, les valeurs nouvelles n'apparaissent que 30 cm au-dessus du niveau stérile, le cycle précédent s'étant terminé sans accident après la perturbation indiquée, par les grès schisteux.

Tableau 6

Ech.	Dens.	Florin.
1	toit grès schisteux	
2	1,2	14,6
3	2	24,72
4	a	28
5	3,2	20,6
6	0	27
7	0	24,2
8	a	27,5
9	4,2	28,6
10	19,6	17,8
11	a	32,8
12	a	31,8
13	mur. grès sch. fr.	

Variations des fréquences des Densosporites et des Florinites au niveau de la Grande couche du toit (Cagnac)

Prélèvement continu : Détail

Ech.	Dens.	Flor.	Lyc.
1	toit schistes		
2	6,2	7,2	a
3	1,4	4,2	a
4	33	1	1
5	17	1,6	a
6	28,6	5	a
7	34,2	1	a
8	3,2	16,2	0
9	Grès schisteux		
10	a	30,4	a
11	1,2	16,8	a
12	3	15	0
13	mur. schistes		

Tableau 7

Moyenne par sillons

Sillons	Dens.	Flor.	Lyc.
	toit		
sillon du toit	17,65	8,02	0,6
Grès schisteux			
sillon du mur.	1,5	18,3	0,3
	mur		

Tableau 8

Variations des fréquences des spores servant à délimiter les sillons au niveau de la veine IV (Cx IV_2) Le Grillatié.

3me exemple :Plus d'un niveau intercalaire et plus de deux sillons.

a) - Veine B du toit (Tronquié) - 4 sillons.

Le tableau 9 nous montre toujours les Densosporites et les Florinites ayant des variations inverses ; cependant dans cette veine les Lycospora ne varient pas dans le même sens que les Densosporites. Si nous établissons les moyennes par sillon entre les intercalaires, le tableau 10 nous montre une grande parenté entre les sillons I et II d'une part, III et IV d'autre part :

Densosporites	1	et	1,13 %	puis	18	et 15 %
Florinites	40,8	et	23 %	puis	3,25	et 2 %

Nous pensons donc retrouver encore un sillon du toit (1) (I + II) et un sillon du mur (1) (III + IV). L'intercalaire n° 8 sépare ces deux sillons mais nous voyons qu'avant d'atteindre les fréquences maximum ou minimum les spores ont des fréquences intermédiaires dans l'échantillon n° 7 au dessus du niveau intercalaire (tableau 9). Nous enregistrons donc un résultat souvent observé ; la variation n'est pas un phénomène brutal, malgré le changement dans la nature de la sédimentation ; ces faits sont absolument généraux, quel que soit le nombre de niveaux intercalaires qui d'ailleurs ne jouent pas tous le même rôle. C'est ce qu'illustre encore l'exemple suivant.

b) - Veine A (Tronquié) - 5 sillons.

Les résultats sont consignés dans les tableaux 11 et 12. Les fréquences moyennes établies par sillon, permettent malgré le grand nombre de niveaux stériles de considérer un sillon du mur V + IV et un sillon du toit (III + II + I). Le niveau intercalaire n° 10 sert de limite, la variation annoncée dans les échantillons n° 8 et 9 se confirme pour des fréquences maximum atteintes environ 40cm plus haut, au-dessus du niveau intercalaire n° 7 qui prend une signification différente.

Ainsi donc les maximum des fréquences des Densosporites et des Florinites permettent de délimiter, sillon du toit et sillon du mur, mais on ne peut savoir à l'avance où se trouvera un maximum plutôt que l'autre, car on peut rencontrer des fréquences maximum de Densosporites ou des fréquences maximum de Florinites aussi bien dans le sillon du toit que dans le sillon du mur, selon les veines.

Il n'y a donc pas de schéma type d'une veine de houille, du point de vue palynologique.

(1) On désigne habituellement par le mot sillon, le charbon compris entre deux niveaux stériles. Il serait donc préférable, d'employer ici un autre terme, pour désigner, ce qui est en réalité un ensemble de sillons présentant des ressemblances nettes. Cependant, nous conserverons ces expressions qui sont consacrées par l'usage ; sillon du mur, sillon du toit, sillon intermédiaire ou moyen

Veine B du toit (Tronquié)

Prélèvement continu :

Détail

Ech.	Dens.	Flor.	Lyc.
1	Toit poudingues		
2	1	40,8	a
3	Schistes		
4	Grès		
5	1,4	24,6	a
6	a	28	a
7	1,6	16,4	2,4
8	Schistes		
9	34	a	0
10	2	6	a
11	Schistes		
12	15	2	0
13	Mur. Sch. et F.ch.		

Tableau 9

Moyenne par sillon
(charbon compris entre les niveaux intercalaires stériles).

Sillons	Dens.	Flor.	Lyc.
Toit poudingues			
Sillon I du toit	1	40,8	a
	Schistes		
	Grès		
II	1,13	23	1
	Schistes		
Sillon du mur III	18	3,25	0,25
	Schistes		
IV	15	2	0
Mur	Sch. et f. charb.		

Tableau 10

Variations des fréquences des spores servant à délimiter les sillons au niveau de la veine B du toit (Tronquié)

Veine A (Tronquié) Cx A_1.

Prélèvement continu

Détail

Ech.	Dens.	Flor.	Lyc.
1	Toit	Schistes	
2	a	26	a
3	a	38,4	a
4	a	43,2	0
5	Sch. et fl. char.		
6	a	30	a
7	Schistes		
8	2	11,4	a
9	1	24	1,4
10	Schistes		
11	10,8	22,4	2,4
12	3,6	10,7	2,8
13	2	7,6	1,2
14	Schistes		
15	a	19,6	a
16	a	22	0
17	a	24,2	a
18	3,6	11,8	1
19	19,6	10,6	4
20	5,6	16,8	1,4
21	3,8	5,4	a
22	Mur. Sch. et ch.		

Tableau 11

Moyenne par sillons

Sillons	Dens.	Flor.	Lyc.
Toit	Schistes		
Sillon du toit I	0,46	35,86	0,13
	Sch. et f. charb.		
II	0,8	30	0,2
	Schistes		
III	1,1	17,7	0,8
	Schistes		
IV sillon du mur	5,46	13,46	2
	Schistes		
V	4,08	13,91	1,11
Mur	Sch. et f. charb.		

Tableau 12

Variations des fréquences des spores servant à délimiter les sillons au niveau de la veine A (Tronquié) Cx A_1.

4me exemple : Veine ayant des Tonstein comme intercalaire.

a) - Marmottan - Cx M_5 (Cagnac)

L'étude de cette veine a été faite sur 20 prélèvements, 15 de charbon et 5 de stériles parmi lesquels un niveau de tonstein, ce qui constitue un fait nouveau.

Le tableau 13 nous montre que les Densosporites sont spores accessoires, ou ont des fréquences voisines de 1 % au contact des niveaux stériles intercalaires ; les fréquences maximum sont données par l'analyse d'échantillons inclus dans une colonne de charbon pur, et le plus souvent dans les échantillons médians donc éloignés des niveaux intercalaires. Les Florinites suivent une courbe inverse ; quant aux Lycospora leur variation est également inverse de celle des Densosporites, alors que nous avons enregistré précédemment le fait contraire.

Si nous établissons la moyenne par sillon (tableau 14), nous voyons que les fréquences des Densosporites, peuvent être supérieures à 20 % au-dessus de l'intercalaire n° 10 ou nettement inférieures au-dessous. Nous pouvons donc déterminer un sillon du mur (IV + III) et un sillon du toit (II + I). Le niveau schisteux n° 10 joue le rôle d'intercalaire "charnière", il est situé à environ 40cm au-dessus du tonstein ; ce n'est donc pas le tonstein comme on aurait pu s'y attendre qui marque la limite entre le sillon du mur et le sillon du toit ; ce fait avait déjà été observé par RAUSCHER (1963), dans son étude portant sur 4 prélèvements de Marmottan ; il parait donc assez général.

Quoi qu'il en soit, dans la plupart des cas, la variation s'amorce et s'annonce petit à petit, elle ne se produit pas obligatoirement au niveau stérile, mais ce dernier peut soit la couronner, soit s'y intégrer ; le niveau "charnière" marque la fin d'une manière d'être de la sédimentation et le début d'une nouvelle partie du cycle sédimentaire.

b) - Veine G (Tronquié) - 13 sillons.

Cette veine nous a paru interessante à cause de son épaisseur (6,38m) et de sa complexité ; elle ne comporte pas moins de 12 niveaux intercalaires stériles de nature très variée : grès, schistes, grès schisteux, tonstein et gores.

Les résultats sont consignés dans le tableau 15. Il semble difficile de tirer des conclusions et de déterminer des sillons d'après l'étude de détail.

Une seule chose apparaît nettement, l'antagonisme Florinites - Densosporites, et la variation des Lycospora qui suit à peu près celle des Densosporites ; cependant on peut

Marmottan Cx M5 (Cagnac).

Prélèvement continu

Détail

Ech.	Dens.	Flor.	Lyc.
1	Toit	Grès schis.	
2	1	8,2	1
3	2,6	6,4	4,6
4	58	a	0
5	12	7,2	0
6	Schistes		
7	a	24,6	0
8	54	4	0
9	21,4	7,6	0
10	Schistes		
11	1,2	17,8	5,2
12	1	16	5,2
13	Grès et tonstein		
14	a	18,8	4,2
15	a	26,4	a
16	24,4	23	a
17	47	10	1,4
18	1,2	28,6	a
19	a	18	7
20	Mur.	Grès	

Tableau 13

Moyenne par sillon

Sillons	Dens.	Flor.	Lyc.
Toit	Grès schisteux		
sillon I	21,55	5,15	1,4
du	Schistes		
II	25,33	12,73	0
toit	Schistes		
sillon III	1,1	16,8	5,2
	Grès et tonstein		
du IV	12,3	20,8	2,36
mur			
Mur	Grès		

Tableau 14

Variations des fréquences des spores servant à délimiter les sillons au niveau de Marmottan Cx M5 (Cagnac).

Veine G (Tronquié)

Prélèvement continu

Détail

Ech.	Dens.	Flor.	Lyc.
Toit	Schistes		
2	1,4	36,2	a
3	Sch à radicelles		
4	2,2	21,4	0
5	Schistes		
6	1,6	35,4	0
7	Tonstein		
8	0	13,6	0
9	4	9,2	4,2
10	1,6	3,2	12,8
11	Grès		
12	1,6	15,2	4
13	Schistes		
14	a	9,5	2,2
15	7,8	16,6	a
16	6,4	19	0
17	Schistes friables		
18	5,4	24	2,4
19	3,2	20	3
20	0	24	0
21	0	24	0
22	Schistes		
23	3,2	10,4	3,2
24	Sch à radicelles		
25	1,6	8,8	3
26	4,6	13	7,8
27	Grès		
28	45,8	7,2	2,4
29	Schistes		
30	2,4	14,2	1
31	Gore		
32	2,4	13,4	3,2
33	2,2	13,8	2,2
34	Mur. Schistes		

Tableau 15

Moyenne par sillon

Sillons	Dens.	Flor.	Lyc.
	Schistes		
sillon I	1,4	36,2	a
du II	2,2	21,4	0
toit III	1,6	35,4	0
	Tonstein		
sillon IV	1,86	8,66	5,66
	Grès		
V	1,6	15,2	4
	Schistes		
intermédiaire VI	5	15,06	1
	Schistes friables		
VII	4,3	22	2,7
VIII	0	24	0
IX	0	24	0
	Schistes		
X	3,2	10,4	3,2
	Sch à radicelles		
supérieur XI	3,1	10,9	5,4
	Grès		
sil. int. infér.	45,8	7,2	2,4
	Schistes		
sillon XII	2,4	14,2	2,1
du mur.	gore		
XIII	2,3	13,6	2,7
Mur	Schistes		

Tableau 16

Variations des fréquences des spores servant à délimiter les sillons au niveau de la veine G (Tronquié).

relever un maximum des fréquences des Florinites pour les échantillons supérieurs n° 2 - 4 - 6 au-dessus du tonstein n° 7, soit 36,2 % , 21,4 % , 35,4 %. Dans tous les échantillons cités, le nombre de Densosporites reste voisin de 2 %. Les Lycospora sont spores accessoires ou absentes ; il semblerait donc qu'on ait là le sillon du toit assez bien individualisé.

Nous remarquons un fait inhabituel : c'est le tonstein qui joue le rôle de niveau intercalaire "charnière" et non l'échantillon n° 5 situé au-dessus comme cela se passait pour la veine Marmottan. Le fait énoncé précédemment souffre donc des exceptions ; le transport des spores peut en effet subir un accident inhabituel.

Mais la veine G, nous montre un autre fait encore jamais observé, un maximum des fréquences des Densosporites : 45,8 % dans l'échantillon n° 28 et cela dans un mince filet charbonneux compris entre un schiste et un grès ; ce maximum s'accompagne d'un minimum de Florinites (7,2 %) et d'un nombre assez grand de Lycospora.

Les échantillons de charbon voisins avec leur faible pourcentage de Densosporites ne laissaient pas prévoir ce fait.

Il existe donc dans la veine G, en plus du sillon du mur (échantillons 33 - 32 - 30) et du sillon du toit (échantillons 6 - 4 - 2),une zone intermédiaire que nous subdiviserons en deux parties : la zone intermédiaire inférieure, comportant le maximum de Densosporites déjà mis en évidence (échantillon n° 28), la zone intermédiaire supérieure (échantillon 19 - 18 - 16 - 15 - 14 - 12 - 10 - 9 - 8) présentant davantage de Florinites soit en tout 4 sillons. (tableau 16)

L'étude de la veine G nous montre que les variations palynologiques de détail n'obéissent pas forcément à des règles absolues comme on serait parfois tenté de le croire après plusieurs observations de même ordre. La modification des fréquences la plupart du temps progressive,peut apparaître brusquement dans le cours de la sédimentation au-dessus du niveau intercalaire et se modifier immédiatement dans l'échantillon suivant, ou au contraire s'atténuer progressivement jusqu'à la prochaine variation.

Nous devons cependant mentionner que nous relevons ces exceptions, dans les veines inférieures de Carmaux où la sédimentation est beaucoup plus irrégulière, et où on trouve parmi des niveaux variés des niveaux de gore et de tonstein.

L'ensemble doit traduire des phénomènes d'érosion, de variation de niveau des eaux, de variation de niveau du sol, de modification locale de la flore, de changement dans les aires de sédimentation ou de changement dans les aires des spores transportées.

Ces phénomènes interfèrent et suivant la prédominance de l'un ou de l'autre, on doit avoir des résultats palynologiques variables, qualitativement et quantitativement.

Nous serons d'ailleurs amenés à envisager le cas de ces veines après l'étude de la composition palynologique des tonstein et des niveaux intercalaires.

Il n'en reste pas moins que les variations cycliques Densosporites-Florinites sont très importantes, elles peuvent atteindre de forts maximum, et poser ainsi un problème de l'apport des spores que nous allons essayer de résoudre dans les pages qui suivent.

2) Cas des échantillons de charbon présentant de grandes variations de fréquences pour certains genres.

Nous venons de remarquer que les genres Densosporites et Florinites présentent de grands écarts entre les fréquences les plus élevées et les plus basses, et ceci dans une même veine.

Les genres Punctatosporites et Calamospora ont des pourcentages moins variables, mais ils sont également susceptibles d'atteindre parfois des fréquences très élevées.

Pour les quatre genres cités nous avons dressé deux tableaux, l'un portant les fréquences maximum, l'autre les minimum. Nous avons porté chaque fois le numéro de l'échantillon qui est examiné, sa nature exacte, la nature des terrains qui se trouvent au-dessous et au-dessus ; en regard, nous avons indiqué en même temps les fréquences prises par les trois autres genres, pour pouvoir à tout moment les comparer.

Nous avons ainsi obtenu des renseignements sur les conditions favorables ou défavorables, au dépôt ou à la conservation de ces quelques genres de spores.

a) - Genre Florinites.

(voir tableaux 17 et 18)

Fréquences maximum. Genre Florinites

Tableau 17

Siège-Veine	Echantillon		Fréquences		
	N°	Nature	Flor.	Dens.	Punc.
Cagnac: Grande couche du mur	9 10 11	ch. lgmt.barré charbon barré grès schisteux	60 %	a	14,8 %
Tronquié : B du toit	1 2 3	toit; poudingue charbon barré schistes	40,8 %	1 %	15,6 %
Cagnac : Marmottan	9 10 11	schistes charbon grès marron et tonstein	37,4 %	0	20,8 %
Tronquié : G	1 2 3	schistes charbon schistes	36,2 %	1,4 %	32 %
Tronquié : G	5 6 7	schistes charbon tonstein	35,2 %	1,6 %	13 %
Sainte-Marie G	4 5 6	ch. lgmt. barré ch. lgmt. barré sch. ch. et grès	32,4 %	3,4 %	30,2 %
Grillatié : Couche IV	9 10 11	grès schisteux charbon charbon	30,4 %	a	9,8 %

Nous constatons que les fréquences les plus élevées se trouvent dans des charbons barrés, (60 % , 40,8 %) ou dans des charbons au contact de grès, de tonstein, de grès schisteux ou de schistes.

Fréquences minimum. Genre Florinites

Tableau 18

Siège-Veine	Echantillon		Fréquences		
	N°	Nature	Flor.	Dens.	Punc.
Grillatié : Couche IV Cx IV_2	3 4 5	charbon charbon charbon	1 %	33 %	18 %
Grillatié ; Cx IV_2	6 7 8	charbon charbon charbon lgmt.bar	1 %	34,2 %	26 %
Grillatié : Cx IV_4	2 3 4 5 6	charbon charbon charbon charbon charbon	a a	37,6 % 46,6 %	20,6 % 16,2 %

Ce tableau montre que les Florinites sont spores accessoires, quand on examine un échantillon de charbon pris dans une colonne continue de charbon. Les conditions de dépôts sont alors inverses des conditions précédentes (maximum).

b) - Genre Densosporites

Fréquences maximum

Siège-Veine	Echantillon		Fréquences		
	N°	Nature	Dens.	Punc.	Flor.
Grillatié : couche IV	4 5 6 7	charbon charbon charbon grès schisteux	46,6 48	16,2 19,8	a 1,2
Sainte-Marie E	2 3 4 5	charbon charbon charbon charbon	47 50,2	15,6 17,6	8 10
Grillatié couche IV	4 5 6	charbon charbon charbon	46,2	16,2	16,2

Tableau 19

Nous pourrions nous contenter d'examiner les tableaux des fréquences des Florinites, les valeurs des fréquences des deux genres étant inverses ; mais il est sans doute préférable de relever les plus fortes fréquences obtenues ou les plus faibles pour le genre considéré.

Nous voyons que toujours l'échantillon correspondant aux plus fortes fréquences pour le genre Densosporites, est formé par du charbon pur, pris la plupart du temps dans une colonne de charbon (Tableau 19).

Fréquences minimum du genre Densosporites

Tableau 20

Siège-Veine	Echantillon		Fréquences		
	N°	Nature	Dens.	Punc.	Flor.
Cagnac :	13	charbon	0	13	21,4
Marmottan	14	tonstein			
Cx M_a	15	charbon	0	20,2	15,2
Cagnac :	10	charbon	0	20,8	37,6
Marmottan	11	tonstein			
Cx M_b	12	charbon	a	39,2	26,4
Cagnac :	12	charbon	0	24,2	16,8
Marmottan	13	tonstein			
Cx M_c	14	charbon	0	32,8	20,8
Cagnac :	9	charbon barré			
Granche cou	10	charbon barré	a	14,8	60
che du mur	11	grès chisteux			
Grillatié :	5	ch.lgmt.barré			
Couche V	6	ch.lgmt.barré	a	32	21,2
	7	ch.lgmt.barré	a	27	26,2
Sainte Marie	13	schistes			
D	14	charbon	a	38,8	10,8
	15	schistes			
Tronquié :	5	ch.lgmt.barré			
B du toit	6	charbon barré	a	11,4	28
	7	ch.lgmt.barré			

L'examen du tableau 20 nous apprend que les valeurs minimum prises par les fréquences des Densosporites se présentent très souvent dans des échantillons de charbon barré ou dans des échantillons au contact de schistes, de charbon barré, de grès schisteux ou de tonstein.

Nous remarquons que les conditions favorables ou défavorables pour le dépôt des Densosporites et des Florinites, sont exactement opposées ; les premières sont plus abondantes dans des dépôts végétaux réguliers avec formation de charbon, les autres sont abondantes au contraire quand la sédimentation est beaucoup plus irrégulière.

Mais d'autres genres peuvent également présenter des fréquences élevées, nous examinerons d'abord le cas des Punctatosporites.

c) - Genre Punctatosporites

Fréquences maximum (voir tableau 21)

Nous observons dans ce tableau des fréquences très élevées pour le genre Punctatosporites ; (38,5 à 58 %). Or nous voyons que ces maximum sont enregistrés pour des échantillons de charbon situés entre deux intercalaires schisteuses ou pour des charbons barrés.

Nous pouvons aussi remarquer que les fréquences des Florinites peuvent être en même temps assez élevées (10 à 24 %)

Fréquences maximum du genre Punctatosporites

Tableau 21

Siège-Veine	Echantillon		Fréquences		
	N°	Nature	Punc.	Flor.	Dens.
Tronquié : B du toit	11 12 13	schistes charbon barré sch.et charb.	58 %	2 %	12 %
Tronquié : G	31 32 33	gore et schis charb.lgmt.ba ch.lgmt.barré	55 % 44 %	13,4 % 13,8 %	2,2 % 2,2 %

(suite du tableau 21)

Siège-Veine	Echantillons		Fréquences		
	N°	Nature	Punc.	Flor.	Dens.
Tronquié : D du toit	5 6 7	charbon charbon barré charbon barré	52 %	12 %	2,8 %
Tronquié : ED (F toit)	1 2 3	schistes charbon schistes	48 %	8 %	2 %
Tronquié ED (F toit)	6 7 8	schistes charbon charbon	46 %	20 %	1,5 %
Tronquié : G	20 21 22	schistes ch.lgmt.barré schistes	44 %	24 %	0
Grillatié V	9 10 11	charbon charbon barré grès schisteux	40,8 %	17,6 %	4 %
Tronquié : B	7 8 9	schistes ch.très barré schistes	40 %	10,4 %	4 %
Grillatié V	7 8 9	charbon charbon barré charbon barré	38,5 %	14,4 %	6 %

Fréquences minimum (voir tableau 22)

Les fréquences inscrites au tableau 22, nous montrent que les Punctatosporites ne sont jamais spores accessoires, leurs valeurs les plus faibles restent voisines de 10 %. Les échantillons qui donnent de tels résultats se trouvent dans une colonne de charbon, donc à côté de forts maximum de Densosporites ou en présence d'intercalaires gréseuses ou de tonstein, c'est-à-dire en présence d'un maximum de Florinites. Il semble que les valeurs les plus faibles des fréquences des Punctatosporites n'aient pas la même signification que celles des Densosporites ou des Florinites, qui peuvent devenir spores accessoires ; elles n'auraient semble-t-il qu'une valeur relative.

Les pourcentages les plus élevés gardent tout de même une signification réelle ; en effet, si les faciès auquels ils sont liés représentaient des conditions favorables également au dépôt des Florinites et des Densosporites, on relèverait deux maximum.

Fréquences minimum du genre Punctatosporites

Tableau 22

Siège-veine	Echantillon		Fréquences		
	N°	Nature	Punct.	Flor.	Dens.
Grillatié IV Cx IV_2	9 10 11	grès schisteux charbon charbon	8,8%	30,4 %	a
Tronquié B du toit	5 6 7	grès charbon barré charbon barré	12 %	28 %	2 %
Sainte Marie E	4 5 6	charbon charbon charbon	13,4 %	16,4 %	30,6 %
Tronquié : G	5 6 7 8 9	schistes charbon tonstein charbon charbon	13 % 16,8 %	35,2 % 13,6 %	1,6 % 0

Il nous reste à envisager le cas d'un autre genre de spores, présentant souvent des fréquences élevées ; il s'agit du genre Calamospora.

d) - Genre Calamospora

Fréquences maximum

Siège-Veine	Echantillon		Fréquences				
	N°	Nature	Cal.	Dens.	Flor.	Punc.	Total
Tronquié : A	1	schistes					
	2	charbon	41,6	a	26	6,2	D+F+P = 32,2%
	3	charbon	28,6				
Tronquié : G	3	schistes					
	4	charbon	36,4	2,2	21,4	17,4	D+F+P = 41,8 %
	5	schistes					

Tableau 23

Le tableau 23 nous permet de constater que les fréquences maximum du genre Calamospora peuvent se trouver dans des échantillons très variés : échantillons prélevés au centre d'une colonne continue de charbon, ou compris entre des niveaux intercalaires. On ne trouve cependant que peu de valeurs supérieures à 35 %, les autres , trop nombreuses pour etre citées, se situent plutôt entre 18 et 25 % .

Fréquences minimum

Siège-Veine	Echantillon		Fréquences				
	N°	Nature	Cal.	Dens.	Flor.	Punc.	Total
Tronquié : B du toit	9	ch.et sch.					
	10	ch.et sch.	2 %	2 %	6 %	52 %	60 %
	11	schistes					
Tronquié : C du toit	3	schistes					
	2	charbon sch	2,4	6,4 %	27 %	21,2 %	54,6 %
	1	schistes					
Sainte - Marie : E	5	charbon					
	6	charbon	1,6	40 %	8,8%	30,8 %	78,8 %
	7	charbon					

Tableau 24

Les fréquences minimum nous amènent à faire les mêmes observations que les fréquences maximum. La présence ou l'absence du genre Calamospora ne paraissent pas liées à un faciès donné.

Si nous considérons par contre le total des fréquences des Densosporites, Florinites. Punctatosporites, et cela dans le même temps nous voyons que lorsque la somme obtenue est comprise entre 55 % et 78 % les Calamospora sont à leur minimum ; lorsque cette somme se situe entre 30 et 40 % environ, les Calamospora sont au maximum.

Ce genre présente donc des variations imprévisibles, variations qui ne sont pas liées au faciès, mais qui dépendent absolument des valeurs prises par les fréquences des autres spores de l'échantillon.

On pourrait donc considérer les Calamospora sous le même angle que les "mauvaises herbes" des associations végétales.

Nous pouvons résumer nos observations par le tableau suivant montrant les faciès liés à la présence de tel ou tel genre de spores.

Tableau 25

Nom du genre	Faciès liés à de fortes fréquences	Faciès liés à des fréquences faibles.
Florinites	- charbon barré. - charbon au contact de grès schisteux ou des tonstein.	- charbon pur. - charbon pris dans une grande épaisseur de charbon.
Densosporites	- charbon pur. - charbon pris dans une grande épaisseur de charbon.	- charbon barré. - charbon au contact des grès schisteux et des tonstein.
Punctatosporites	- charbon barré. - charbon au contact des schistes	- faciès favorisant les fortes fréquences des Florinites ou des Densosporites.
Calamospora	- tous les faciès.	- tous les faciès.

Ainsi s'explique plus clairement "l'antagonisme" Florinites-Densosporites, certaines variations imprévisibles des Punctatosporites, ainsi que l'apparence capricieuse des fréquences du genre Calamospora.

Mais notre étude resterait incomplète si nous n'envisagions pas le cas des échantillons très nombreux où les spores principales sont harmonieusement représentées.

3°/ Etude d'un échantillon de charbon sans maximum caractéristique, et comparaison avec un échantillon présentant des fréquences maximum ou minimum accusées.

Nous prendrons comme exemple un échantillon de la veine A (Cx A_1) et un échantillon de la veine F (Cx F_1).

Tableau 26

Nom des genres de spores principales	Fréquences	
	Cx A_1 Tronquié	Cx F_1 Tronquié
Punctatisporites	2,35 %	2,7 %
Calamospora	20,56 %	11 %
Cyclogranisporites	1,66 %	a
Planisporites	1,03 %	a
Acanthotriletes	1,37 %	1,85 %
Lycospora	1,02 %	a
Densosporites	3,08 %	9,7 %
Laevigatosporites	7,21 %	3,9 %
Punctatosporites	18,92 %	42,35 %
Verrucososporites	6,97 %	7,2 %
Torispora	4,05 %	5,6 %
Spéciososporites	1,68 %	2,85 %
Florinites	18,98 %	5,9 %

Nom des genres de spores accessoires ou négligeables	Fréquences	
	Cx A_1 Tronquié	Cx F_1 Tronquié
Leiotriletes	a	a
Granulatisporites	a	a
Lophotriletes	a	a
Apiculatisporites	a	a
Raistrickia	a	n
Verrucosisporites	a	a

Suite du tableau 26

Nom des genres de spores accessoires ou négligeables	Fréquences	
	Cx A_1 Tronquié	Cx F_1 Tronquié
Microreticulatisporites	a	0
Foveolatisporites	a	a
Savitrisporites	a	0
Reticulatisporites	a	a
Vestispora	a	a
Triquitrites	a	a
Wesphalensisporites	a	0
Cirratriradites	a	0
Polymorphisporites	a	a
Spinosporites	a	a
Endosporites	a	a
Alisporites	a	a

Nous n'avons pas multiplié les exemples à dessein , malgré l'abondance de la documentation car nous n'aurions apporté aucun fait nouveau.

Le premier échantillon Cx A_1, donne comme fréquences les plus élevées : 20,5 , 18,92 et 18,98 %. Le deuxième échantillon Cx F_1 présente par contre un maximum : 42,35 %.

On peut dénombrer pour Cx A_1, 13 genres bien représentés, 18 spores accessoires et pas de spores négligeables ; et pour Cx F_1, 10 genres bien représentés, 16 spores accessoires, une spore négligeable et 4 spores absentes.

Donc, quand une veine présente un fort maximum on dénombre moins de spores accessoires et négligeables ; les deux veines ont de ce fait une composition palynologique différente.

Les spores y sont représentées avec un certain arrangement que peut définir le terme d'association ; il en est de même pour les veines qui présentent un maximum de Florinites ou un maximum de Densosporites ou encore de Punctatosporites.

Cependant, avant de tirer des conclusions de l'ensemble des faits que nous venons de présenter, il semble utile , après avoir étudié la composition palynologique des charbons de compléter cette étude par l'observation de la composition palynologique des niveaux intercalaires. Cette étude est d'autant plus justifiée que nous avons vu les fréquences de certains genres varier considérablement au contact des niveaux stériles.

4°/ Etude de niveaux intercalaires présentant une fréquence très élevée pour un genre donné.

Les genres pouvant atteindre des fréquences très élevées sont comme pour les charbons, les genres : Florinites, Densosporites, Punctatosporites, Calamospora ; cependant, d'autres genres tels que les genres Verrucososporites, Torispora, Lycospora, sont susceptibles de façon exceptionnelle, d'atteindre aussi des fréquences relativement élevées.

Nous allons les examiner tour à tour.

a) Genre Florinites.

Nous avons porté sur les tableaux les mêmes renseignements que pour les échantillons de charbon précédemment étudiés. Nous avons simplement ajouté les fréquences du genre considéré dans l'échantillon de charbon immédiatement inférieur ou supérieur.

Fréquences maximum du genre Florinites

(tableau 27)

Siège-Veine	Echantillon		Fréquences			
	N°	Nature	Flor.	Calam.	Densos.	Puncta.
Grillatié IV	9 10	charbon schistes sur	40 % 62 %	24 %	0	5,6 %
Tronquié A	1 2	toit schist. charbon	55,8% 26 %	14,8 %	a	9,6 %
Grillatié IV	13 14	charbon mur schist.	15 % 48,8%	21 %	a	9,6 %
Tronquié G	19 20 21	charbon schistes ch.lgmt bar	20 % 48,6% 24 %	10 %	0	10,2 %
Cagnac: Marmottan	12 13 14	charbon tonstein charbon	27,2% 42 % 21,6%	26,2%	a	12,6 %
Sainte-Marie :D	1 2	toit gore charbon	40 % 8,8%	5 %	0	10 %

(Suite du tableau 27)

Siège-Veine	Echantillon		Fréquences			
	N°	Nature	Flor.	Calam.	Dens.	Punc.
Tronquié : G	2	charbon	36,2 %			
	3	schistes	39 %	24,2 %	2,2 %	16,6 %
	4	charbon	21,4 %			
Cagnac : Marmottan	12	charbon	16,8 %			
	13	tonstein	33 %	7,8 %	0	22,4 %
	14	ch.lgmt. bar.	20,8 %			
Tronquié : G	21	ch lgmt bar.	24 %			
	22	schistes	32,6 %	3,8 %	6,2 %	20,6 %
	23	charbon	10,4 %			
Grillatié IV	1	toit schis.	32,6 %	28 %	a	12,6 %
	2	charbon	7,2 %			

Tableau 27.

On peut remarquer en examinant le tableau que les plus fortes fréquences pour le genre Florinites, se trouvent dans les schistes, les gores et les tonstein (de 32,6 % à 62 %.)

Dans le même temps, les Densosporites varient de 0 à 6,2 %, les Punctatosporites de 5,6 à 20,6 % et les Calamospora de 5 à 28 %.

Dans tous les cas, le nombre des Florinites du niveau intercalaire est supérieur à celui des échantillons de charbon immédiatement inférieurs ou supérieurs.

Les tonstein présentent sans exception, un grand nombre de Florinites pouvant aller jusqu'à 42 % tandis que les Densosporites en sont la plupart du temps exclues ; elles sont souvent spores accessoires si elles deviennent spores principales leurs fréquences ne dépassent pas 1,6 %.

Dans les échantillons de charbon immédiatement inférieurs ou supérieurs, le nombre de Florinites est aussi très grand, de 15,2 à 37,6 % ; quant aux Densosporites elles sont absentes ou spores accessoires.

b) Genre Densosporites

Fréquences maximum du genre Densosporites

Tableau 28

Siège-Veine	Echantillon		Fréquences			
	N°	Nature	Dens.	Calam.	Punct.	Flor.
Tronquié : G	23	charbon	3,2 %			
	24	schis. à radicel.	25,4 %	9,4 %	22,4 %	9,6 %
	25	charbon	1,6 %			

Pour les Densosporites on ne relève qu'un maximum, dans une intercalaire (25,4 % dans un schiste à radicelles, compris entre deux couches de charbon). Ces seules données ne sont pas en contradiction avec les observations déjà faites.

c) Genre Punctatosporites

Fréquences maximum du genre Punctatosporites

Tableau 29

Siège-Veine	Echantillon		Fréquences			
	N°	Nature	Punct.	Calam.	Dens.	Flor.
Tronquié : G	33	ch.lgmt bar	44 %			
	34	mur schis.	72,8%	3,2 %	8 %	3,2 %
Sainte-Marie : H	8	charbon	57,2%			
	9	mur grès schisteux	54,2%	10,2%	a	15,8 %
Tronquié : A	6	charbon	35,3%			
	7	mur schis.	48,8%	1,6%	2,4%	12 %
Tronquié : A	1b	toit sch.	46,4%	6,4%	1,4%	28 %
	1	charbon	20 %			

(Suite du tableau 29)

Siège-Veine	Echantillon		Fréquences			
	N°	Nature	Punct.	Calam.	Dens.	Flor.
Tronquié : C	2	charbon	37 %			
	3	schistes	43,6%	9 %	3,2%	16,2%
	4	charbon	34 %			
Sainte-Marie E	1	toit grès schisteux	42,8%	13,6%	0	4,8%
	2	charbon	29,2%			
Sainte Marie : D	14	charbon	38,8%			
	15	mur schist.	40 %	5,4%	3,6%	18,6%
Tronquié : A	2	charbon	20 %			
	3	schistes	36,2%	10,2%	5,2%	23 %
	4	charbon	36,4%			
Tronquié : C	1	toit sch.	35 %	23,6%	1,4%	20,4%
	2	charbon	37 %			
Tronquié : G	28	charbon	24,6%			
	29	schistes	34,6%	10,2%	2,4%	10,2%
	30	charbon	51 %			
Tronquié : G	30	charbon	51 %			
	31	gore-schis.	34,2%	11,4 %	2,4 %	25,6%
	32	charbon	55 %			
Tronquié : A	4	charbon	36,4%			
	5	schistes	32,6%	18,4 %	2%	21 %
	6	charbon	35,3%			

Ce tableau nous montre que le genre Punctatosporites est très bien représenté, dans les schistes, jusqu'à 72,8 % et également dans les grès schisteux de 42,8 à 54,2 % ; de plus nous voyons que les toits ou les murs de grès schisteux sont très souvent cités parmi les terrains contenant un grand nombre de Punctatosporites.

Dans le même temps, les Densosporites ont des fréquences comprises entre 2 et 3 % ; elles atteignent exceptionnellement 7 à 8 %, et peuvent devenir spores accessoires ou être totalement absentes ; les fréquences des Florinites varient de

3,2 à 28 % et celles des Calamospora de 3,2 à 23,6 %.

Les fréquences atteintes par le genre Punctatosporites dans les échantillons voisins, immédiatement inférieurs ou supérieurs, n'apportent aucun renseignement, tantôt elles ont une valeur intermédiaire, plus forte ou plus faible que les valeurs des fréquences au niveau de l'intercalaire.

d) Genre Calamospora

Fréquences maximum

Tableau 30

Siège-Veine	Echantillon		Fréquences			
	N°	Nature	Calam.	Dens.	Punc.	Flor.
Grillatié IV	1b	toit sch.	35,8%	a	19,2%	22,8%
	1	charbon	20 %			
Grillatié V	10	charbon	7,4%			
	11	mur sch.	31 %	3,6%	26 %	3,8%
Tronquié C	8	charbon	21 %			
	9	mur sch.	35,6%	2,8%	22 %	14 %

Les Calamospora présentent assez rarement des fréquences élevées, dans les niveaux intercalaires. Cependant quand ce fait se produit, nous le relevons dans les schistes des toits ou des murs.

Pendant ce même temps, les Densosporites ont des fréquences variant de 0,4 % à 3,6 % , les Punctatosporites de 19,2 à 26 % , les Florinites de 14 à 22,8 %.

On doit également remarquer que la fréquence des Calamospora, dans les schistes est toujours supérieure à celle de l'échantillon voisin.

e) Genre Lycospora

Fréquences maximum

Tableau 31

Siège-Veine	Echantillon		Fréquences				
	N°	Nature	Lycos.	Calam.	Punc.	Dens.	Flor.
Tronquié : B	6 7 8	charbon schistes ch.lgmt barré	0 12,6% a	5,2%	28%	4,4%	25 %
Sainte-Marie E	10 11	ch.pas de prépa. schistes charbon	10,4% a	13,6%	21%	10,2%	17,8%

Les fréquences de ce genre peuvent atteindre 10,4 et 12,6 % dans les niveaux intercalaires schisteux ; dans le premier cas nous relevons les valeurs des fréquences correspondantes des Florinites, 17,8 et 25 % et des Densosporites, 10,2 et 4,4%.

Les Lycospora ont été mentionnées par POTONIE et STACH, comme variant en raison inverse du nombre des Densosporites.

Nous voyons qu'à Carmaux leurs variations ne sont en général pas toujours liées à celles des Densosporites, bien qu'on enregistre assez souvent, comme nous l'avons vu (étude des variations verticales) une variation dans le même sens que celle des Densosporites.

f) Genre Torispora

Fréquences maximum

Tableau 32 (page suivante)

Siège-Veine	Echantillon		Fréquences				
	N°	Nature	Toris.	Calam.	Punc.	Dens.	Flor.
Tronquié : C	4	charbon	5,8%				
	5	grès avec filets sch	22,4%	4,2%	16,8%	13%	14,4%
	6	charbon	8,1%				
Tronquié B	8	charbon barré	10 %				
	9	schistes	12,2%	19,2%	25,9%	a	20,4%
	10	ch.très barré.	13,6%				

Nous enregistrons une fréquence assez élevée pour le genre Torispora, 22,4% dans un grès avec filets charbonneux, les Densosporites étant à 13 % et les Florinites à 14,4%.

Nous retrouvons le genre Torispora avec une fréquence de 12 % dans un schiste encadré par des charbons barrés, les Densosporites étant spores accessoires et la fréquence des Florinites atteignant 20,4%.

L'étude des maximum du genre Torispora ne nous apporte pour le moment aucun fait nouveau puisque leur présence ne paraît pas liée à un faciès déterminé.

g) Genre Verrucososporites

Fréquences maximum.

Tableau 33

Siège-Veine	Echantillon		Fréquences				
	N°	Nature	Verru.	Calam.	Punc.	Dens.	Flor.
Sainte-Marie D	14	ch.lgmt. bar.	5,2%				
	15	mur grés sch.	40%	22%	3,8%	a	10 %
Sainte-Marie E	8	charbon	5,4%				
	9	schistes	10,8%	6,4%	21,8%	9,2%	23,4%
	10	ch.(pas préparation)					
Sainte-Marie E	13	ch (pas résultat)					
	14	mur grès sch.	10,2	3,8%	25,6%	10,8%	26,6%

On ne pouvait passer sous silence la forte fréquence des Verrucososporites, 40 % trouvée dans un échantillon de grès schisteux, les autres fréquences à signaler sont 10,8 et 10,2 % respectivement dans des échantillons provenant de schistes ou de mur de grès schisteux.

Dans le même temps, les autres genres présentent des variations liées au faciès qui leur est favorable, et sans rapport avec les fréquences élevées des Verrucososporites.

Comme pour les échantillons de charbon, nous avons également des échantillons provenant de niveaux intercalaires, où on ne relève pas de fortes fréquences. Nous allons en examiner quelques uns parmi les plus caractéristiques.

5°/ Etude des échantillons provenant de niveaux intercalaires ou aucun genre de spores n'atteint des fréquences très élevées.

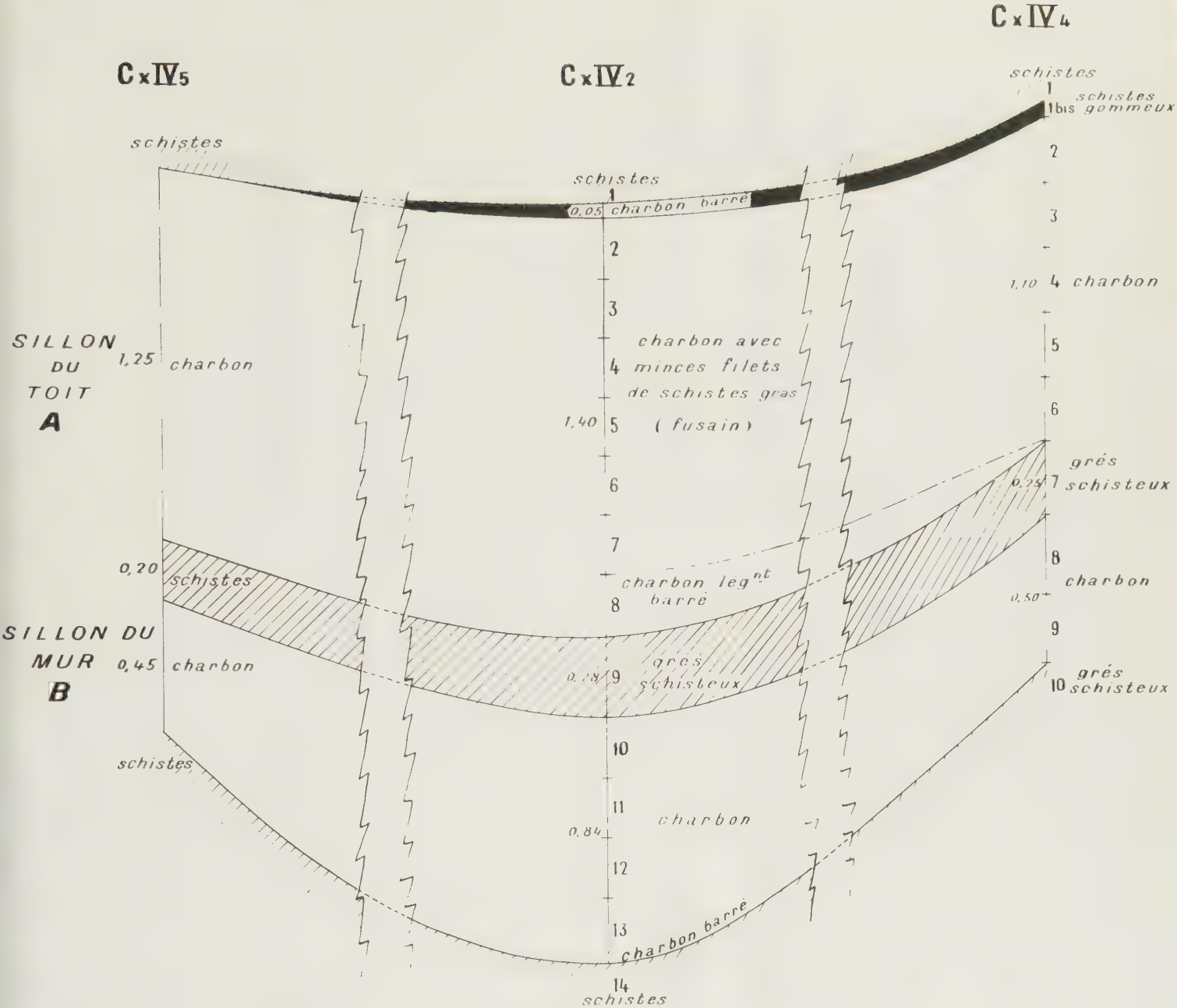
Tableau 34

Siège-Veine	Echantillon		Fréquences			
	N°	Nature	Calam.	Dens.	Punc.	Flor.
Tronquié C	7	grès marneux	10,8%	11,2%	24,2%	8%
Tronquié B	1	toit grès grossier poudingues	15,6%	2,8%	24,4%	12,4%
Sainte Marie E	14	mur grès schisteux	3,8%	10,8%	25,6%	25,6%
Sainte-Marie H	1	grès grossier	24,8%	2,4%	24 %	13,6%

Dans ce tableau nous voyons que les fréquences des spores principales habituellement citées ne sont ni à un maximum ni à un minimum, mais présentent des valeurs intermédiaires.

Les niveaux stériles qui présentent une telle composition sont souvent des toits ou des murs, ils ont toujours la même nature, ce sont des grès, schisteux, grossiers ou marneux.

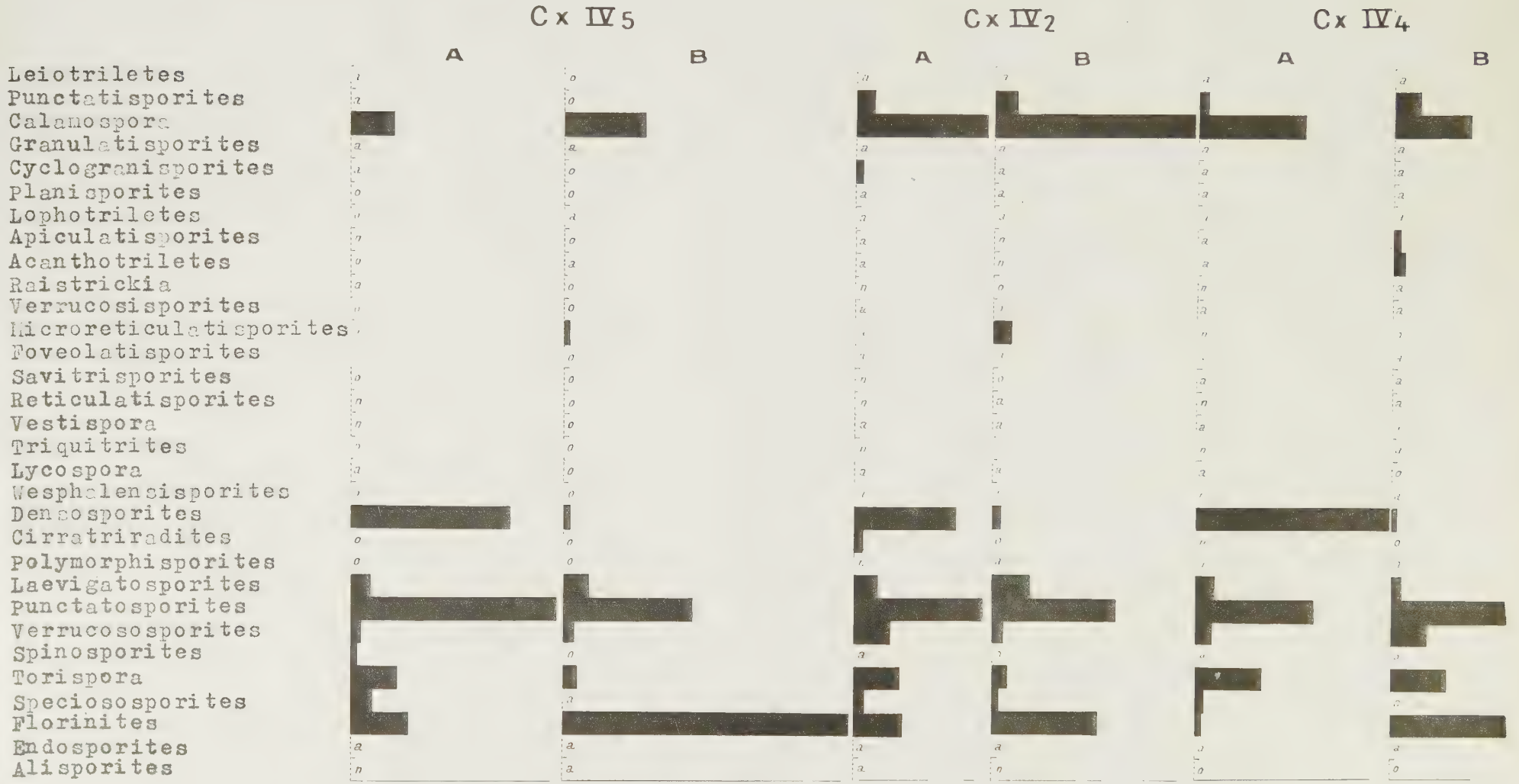
Les variations liées au faciès sont également sensibles en divers points d'une même veine ; nous avons pu trouver plusieurs exemples où les niveaux se modifient horizontalement.



- FIG. II -

Coupe schématique et théorique de la veine IV

Histogrammes correspondants aux différents prélèvements de la Veine IV



A : Sillon du Toit
B : Sillon du Mur

10%

Fig. 12

2°/ Variations horizontales liées au faciès

Nous allons envisager le cas de quelques veines importantes dont nous possédons deux ou trois prélèvements telles les veines : IV, A, E.

1) Couche IV (Siège de Grillatié)

Les différentes données accompagnant les percées nous permettent d'établir un plan et une coupe théorique très schématique (fig. 11).

Les trois prélèvements que nous possédons sont situés du Nord au Sud pour Cx IV_5 et Cx IV_2 ; Cx IV_4 se trouvant au Sud-Est de Cx IV_2.

Ils présentent d'après la figure 11 deux sillons séparés par une intercalaire. Vers le Sud, l'intercalaire schisteuse de Cx IV_5 passe à des grès schisteux pour Cx IV_2 et Cx IV_4. Le mur d'abord schisteux devient grès schisteux en Cx IV_4.

Donc on enregistre du Nord au Sud une tendance à passer des schistes aux grès schisteux, l'extension des grés étant plus grande dans les intercalaires plus jeunes. Enfin, Cx IV_2 montre des charbons barrés. Pour les deux percées étudiées en détail (par 20 cm), nous pouvons ajouter sur le schéma le changement de composition palynologique, au-dessus de l'intercalaire, en 8 pour Cx IV_4. Nous voyons aussi que la couche des sédiments est plus épaisse au centre en Cx IV_2 que sur les bords du bassin en Cx IV_5 et en Cx IV_4.

Donc, au début du cycle sédimentaire les sédiments sont plus grossiers vers le Sud du bassin, puis ces dépôts gagnent le centre du bassin. De plus, au centre la sédimentation est plus active, la couche est plus épaisse pour le sillon inférieur et pour l'intercalaire stérile, ainsi que pour le sillon supérieur ; enfin, toujours au centre du bassin le charbon est barré, alors qu'au Nord et au Sud il ne présente pas de filets schisteux.

Examinons les résultats fournis par l'analyse palynologique (tableau 35 et histogrammes fig. 12).

L'ensemble présente de grandes ressemblances ; nous voyons que nous nous trouvons en présence d'un même sillon du toit (sillon A), avec maximum de Densosporites et d'un même sillon du mur (sillon B), avec maximum de Florinites.

Essayons cependant d'analyser de plus près les résultats palynologiques pour les spores caractéristiques. Le tableau 35 permet la comparaison des percées Cx IV_5, Cx IV_2, Cx IV_4, sillon par sillon.

Le sillon A présente pour Cx IV_2, un maximum de Calamospora, de Lycospora, de Laevigatosporites et de Verrucososporites et un minimum pour les Densosporites et les Torispora, une valeur intermédiaire pour les autres spores.

Pour le sillon B, Cx IV_2 présente un maximum pour les Calamospora, les Lycospora, les Densosporites, les Laevigatosporites, les Speciosporites et un minimum pour les Verrucososporites et les Florinites.

Donc Cx IV_2 parait s'individualiser alors que Cx IV_5 et Cx IV_4 semblent avoir entre eux plus de parenté. Ceci n'a rien d'étonnant, la nature du charbon est bien différente en Cx IV_2 (fusain, charbon barré). Cx IV_2 est au centre du bassin, les spores n'y sont pas arrivées en même nombre, ni les débris de la même façon (fig. 11).

Cependant on doit noter un maximum de Torispora en Cx IV_4.

Quant aux Punctatosporites, leur fréquence diminue régulièrement du Nord au Sud pour le sillon A. Leur maximum 35,5 % au sillon A de Cx IV_5 ne nous étonne pas, nous retrouvons leurs conditions de maximum, charbon et schistes.

Pour Cx IV_2, nous en relevons seulement 22,54 % au sillon A, dans des conditions de maximum (charbon barré) ; mais elles sont contrariées par le faciès de grès schisteux situé au début du sillon. Enfin, en Cx IV_4 le faciès de grès schisteux existe toujours à la base et le charbon n'est plus barré, on enregistre encore 2 % de moins de Punctatosporites.

En résumé, nous pouvons dire que les histogrammes moyens montrent l'incontestable parenté de ces trois percées, alors qu'une analyse plus détaillée permet d'enregistrer les passages à des faciès différents, la composition palynologique semblant très influencée par la présence d'intercalaires de nature différente et par la nature du dépôt.

2) Veine A (Siège de Tronquié)

Nous pouvons établir aussi pour cette veine un schéma théorique à partir de la coupe et des renseignements qui nous ont été fournis par la mine (fig. 13).

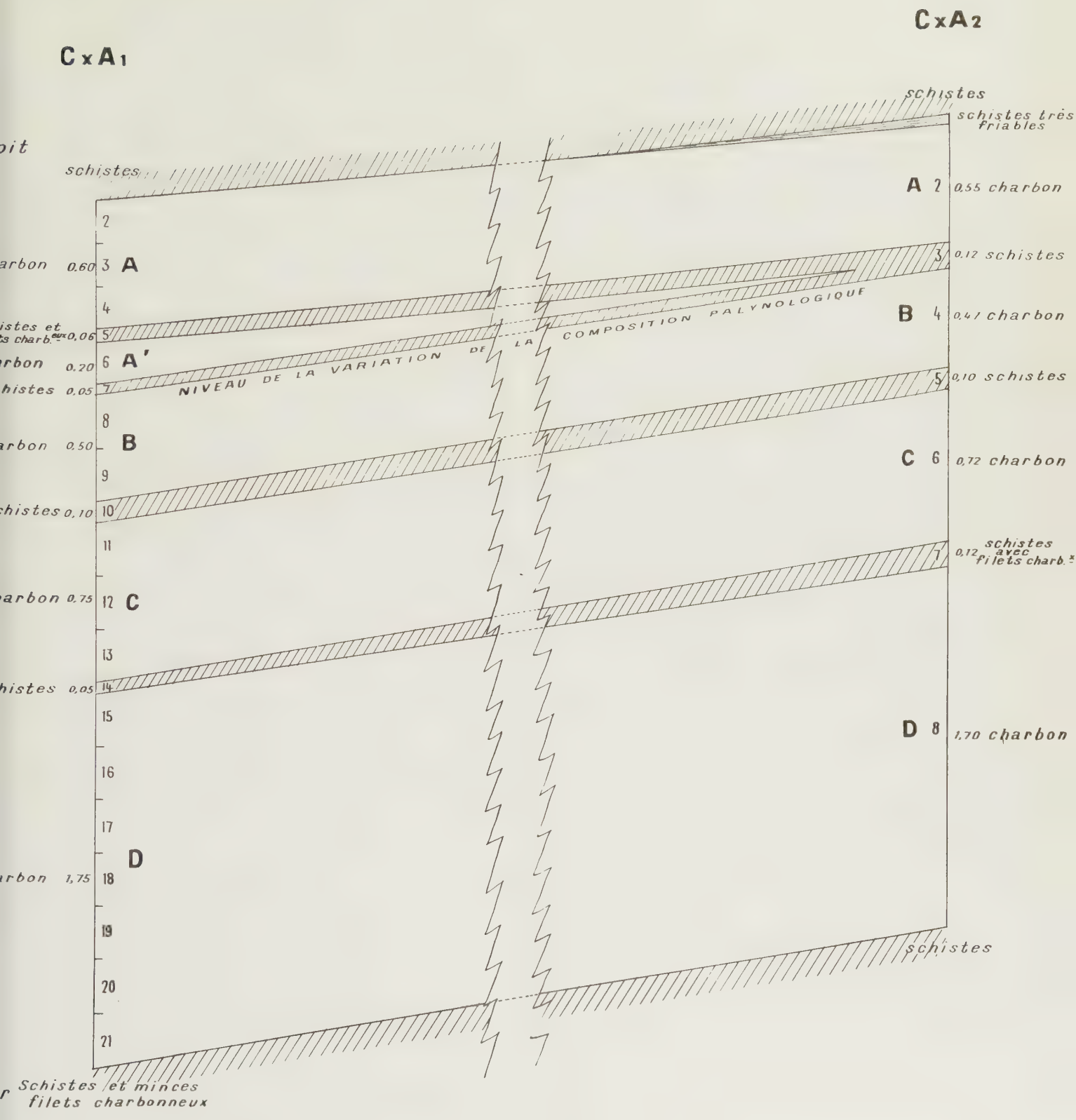


FIG. 13

Coupe schématique et théorique de la veine A

Tableau 35

Nom des genres	Fréquences		
	Cx IV_5	Cx IV_2	Cx IV_4
Calamospora			
Sillon A	7,5 %	22,71 %	18,6 %
Sillon B	14 %	34,6 %	12,8 %
Lycospora			
Sillon A	0,35 % a	0,6 % a	0,56 % a
Sillon B	0	0,3 % a	0
Densosporites			
Sillon A	27,5 %	17,65 %	33,28 %
Sillon B	1,2 %	1,5 %	1,1 %
Laevigatosporites			
Sillon A	3,35 %	4,14 %	3,36 %
Sillon B	4,8 %	6,45 %	1,8 %
Punctatosporites			
Sillon A	35,5 %	22,54 %	20,48 %
Sillon B	22,4 %	21,5 %	22,80 %
Verrucososporites			
Sillon A	1,70 %	6,17 %	2,88 %
Sillon B	2,10 %	1,90 %	6,20 %
Torispora			
Sillon A	7,90 %	7,85 %	11,40 %
Sillon B	2,40 %	2,75 %	9,5 %
Spéciososporites			
Sillon A	3,5 %	2,02 %	1,60 %
Sillon B	0,3 % a	1,30 %	0,90 % a
Florinites			
Sillon A	9,7 %	8,02 %	1,12 %
Sillon B	49,7 %	18,3 %	31,5 %

Variations horizontales. Veine IV

Nous voyons que chaque percée possède 3 niveaux intercalaires schisteux ; de plus à la partie supérieure de Cx A_1, il y a une bande de schistes de 6 mm avec filets charbonneux, d'où une difficulté pour raccorder les deux percées. Nous avons déjà étudié ces deux prélèvements, quand nous avons envisagé les variations verticales et déjà nous avions montré pour l'étude de détail en Cx A_1 la présence d'un sillon du toit à Florinites et d'un sillon du mur à Densosporites, séparés par les schistes de l'échantillon 10, le changement de faciès se faisant au niveau des schistes de l'échantillon 7. Nous avons vu également que Cx A_2 présente de même un sillon du toit à Florinites et un sillon du mur à Densosporites, séparés au niveau des schistes de l'échantillon 5. Le changement de composition palynologique se faisant au niveau de l'échantillon 3 ce qui nous permet de raccorder les deux coupes (fig. 13).

Nous pouvons supposer étant donné le rôle important joué par les schistes de l'échantillon 7 (Cx A_1) que ce sont les mêmes schistes qui se retrouvent dans l'échantillon 3 (Cx A_2), en effet, ils occupent la même position par rapport au changement de composition palynologique déjà mentionné.

Mais si nous considérons la composition palynologique de ces niveaux intercalaires, l'échantillon de Cx A_2 présente tantôt des parentés avec l'échantillon 5 de Cx A_1, à cause de la fréquence des Florinites, tantôt avec l'échantillon 7 à cause de la fréquence des Densosporites.

Voir Histogrammes
(fig. 14).

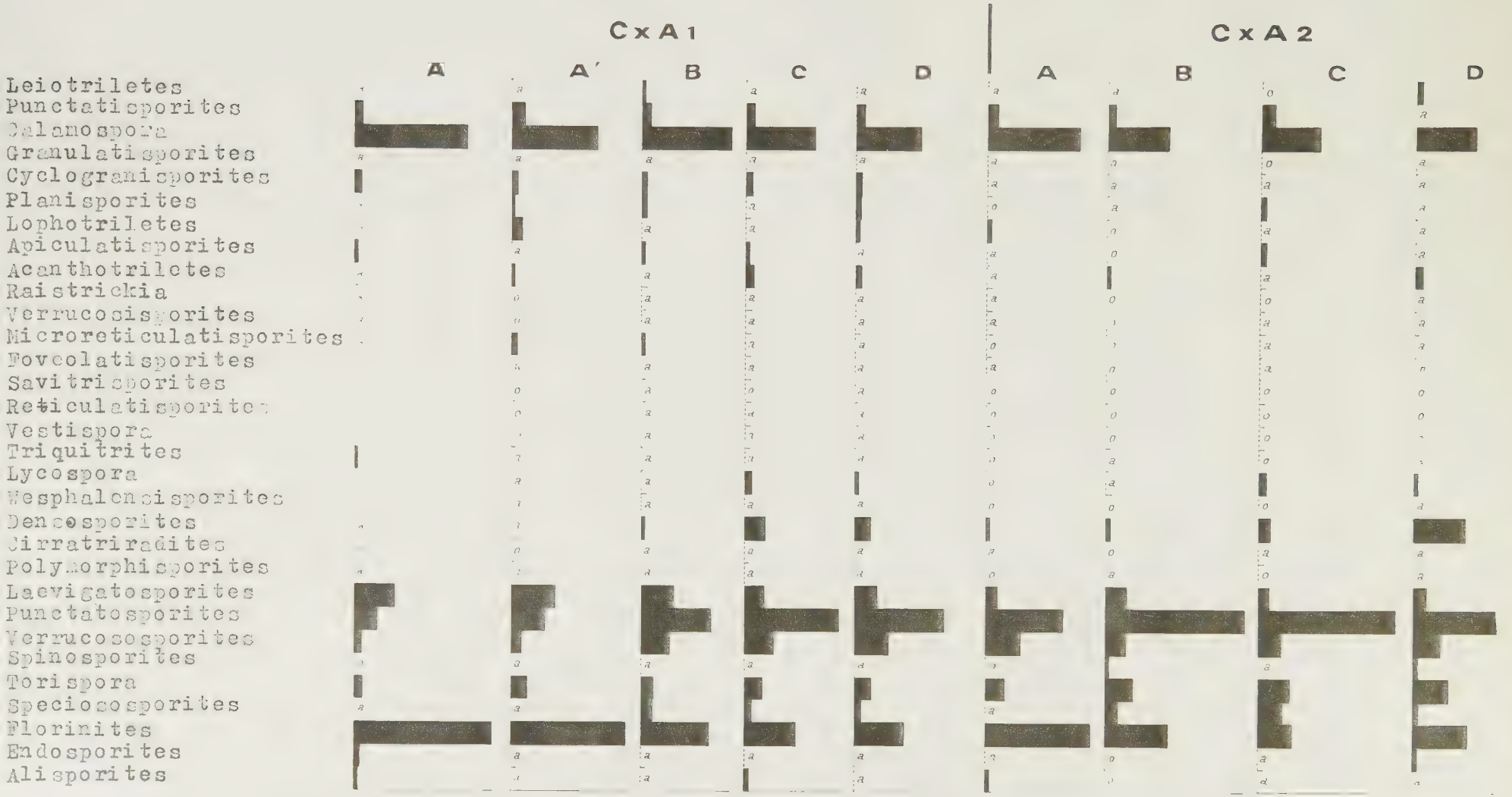
	Cx A_1		Cx A_2
	Echantillon 5	Echantillon 7	Echantillon 3
Densosporites	0,2 %	3,4 %	3 %
Florinites	26,8 %	14,6 %	23 %

On pourrait également penser que les schistes n° 3 (Cx A_2) se dédoublent pour donner les schistes 5 et 7 de Cx A_1.

Seuls d'autres prélèvements pourraient apporter les preuves qui nous manquent pour prendre nettement partie, cela ne changeant rien à la répartition et au raccordement des sillons.

La partie supérieure de Cx A_1, formée par le sillon A + A' a une épaisseur de 0, 86 m alors que le sillon A de Cx A_2 a une épaisseur de 0,55 m.

Veine A - Histogrammes de 2 prélèvements établis par sillons



10 %

Fig.14

Pour les autres sillons, les épaisseurs restent les mêmes, la sédimentation a donc dû être régulière et semblable pour les parties profondes en Cx A_1 et Cx A_2, plus intense vers le Nordpour les sillons plus jeunes, moins régulière et plus abondante en éléments générateurs de schistes. (Cx A_1 se trouvant au Nord Ouest de Cx A_2)

Examinons les résultats inscrits au tableau 36 ainsi que les histogrammes (fig. 14) pour vérifier si la composition palynologique peut traduire ces faits.

Nous voyons en comparant les différents chiffres qu'il y a peu de différence entre les diverses fréquences correspondantes et en général entre elles. Par exemple, nous relevons pour les Densosporites du sillon B : 1,1 % en Cx A_1, 1,2 % en Cx A_2 pour les Verrucososporites du sillon C : 7,73 % en Cx A_1 et 6 % en Cx A_2.

Ces chiffres étant pris au hasard dans le tableau.

Cependant il y a quelques exceptions :

Pour les Punctatosporites du sillon B, nous trouvons 18,4 % en Cx A_1 et 36,4 % en Cx A_2, soit 18 % de différence ; dans le sillon A + A', 6,13 % et 9 % en Cx A_1, 20 % en Cx A_2 soit 14 % et 11 % de différence.

Pour les Laevigatosporites le sillon A en possède 7 % de plus en Cx A_1 et pour les Verrucososporites 7 % de moins.

Le changement latéral de faciès (schiste avec filet charbonneux supplémentaire) s'accompagne donc d'une variation dans la composition palynologique, et les Punctatosporites semblent être encore les spores les plus sensibles à ce changement, en même temps que les Laevigatosporites et Verrucososporites.

Tableau des fréquences des principaux genres (Veine A : Cx A_1 et Cx A_2).

non des genres Cx A_1 Cx A_2	sillon A+A' A	sillon B B	sillon C C	sillon D D
Calamospora Cx A_1 Cx A_2	29,06 % 22,6% 24 %	23,4 % 16 %	18 % 15 %	16,91 % 15,15 %
Lycospora Cx A_1 Cx A_2	0,13 % 0,8% 0	0,8 % 0,6 %	2 % 2 %	1,11 % 1,2 %

(Suite du tableau)

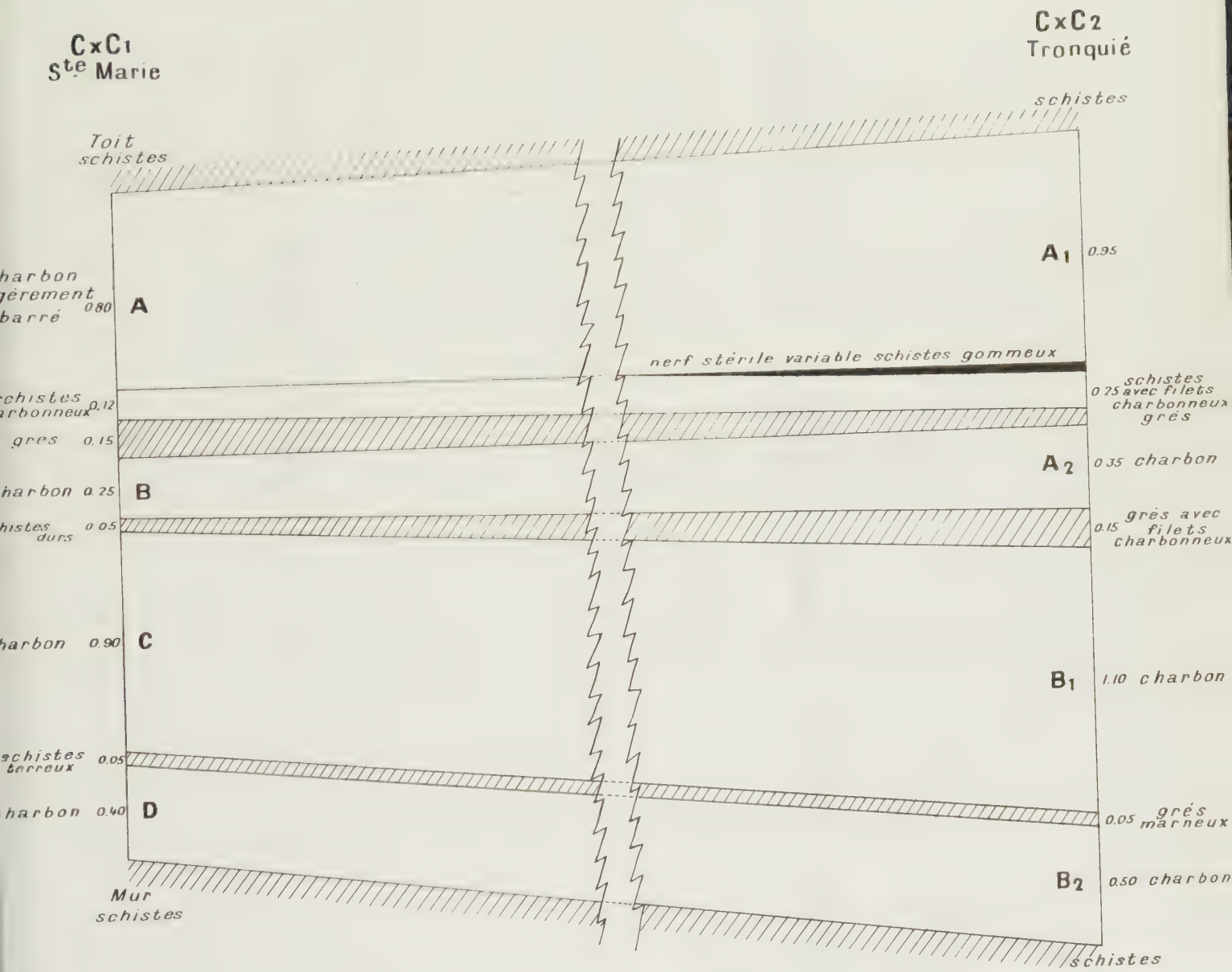
Densosporites					
Cx A_1	0,46 %	0,8 %	1,1 %	5,46 %	4,08 %
Cx A_2	1,2 %		1,2 %	3,1 %	13,14 %
Laevigatosporites	10,66 %	11,4 %	8,5 %	5,3 %	6,14 %
Cx A_1					
Cx A_2	3,2 %		5,6 %	3 %	3,4 %
Punctatosporites					
Cx A_1	6,13 %	9 %	18,4 %	24,86 %	23,42 %
Cx A_2	20 %		36,4 %	35,30 %	23,55 %
Verrucososporites					
Cx A_1	2 %	3 %	7,6 %	7,73 %	9,17 %
Cx A_2	9,2 %		5,6 %	6 %	7,25 %
Torispora					
Cx A_1	2,13 %	4,6 %	3,3 %	4,8 %	4,68 %
Cx A_2	5,2 %		7,2 %	8 %	9,35 %
Speciososporites					
Cx A_1	0,2 %	0,6 %	3 %	2,13 %	1,91 %
Cx A_2	0,8 %		3,6 %	6,5 %	1,7 %
Florinites					
Cx A_1	35,86 %	30 %	17,7 %	13,46 %	12,91 %
Cx A_2	27,6 %		16,4 %	8,6 %	14,25 %

Tableau 36

3) Veine C : (Siège de Sainte Marie Cx C_1)
(Siège de Tronquié Cx C_2)

Si nous établissons une coupe théorique de la veine C (fig. 15) nous voyons qu'en Cx C_2 les sillons de charbon sont plus épais qu'en Cx C_1 ; d'autre part la nature des intercalaires est différente dans les deux couches surtout à leur partie inférieure gréseuse pour Cx C_2, schisteuse pour Cx C_1 ; cela indique de prime abord des conditions de sédimentation différentes ; on doit remarquer aussi que les deux points où ont été établies ces coupes, sont assez éloignés en longitude et en latitude, et ont pu se trouver, l'un Cx C_1 à un endroit plus profond que l'autre, Cx C_2.

Nous allons voir si la palynologie confirme ces faits (Histogrammes fig. 16 et tableau 37).



- FIG. 15 -

Coupe schématique et théorique de la veine C

Histogrammes par sillons de la Veine C

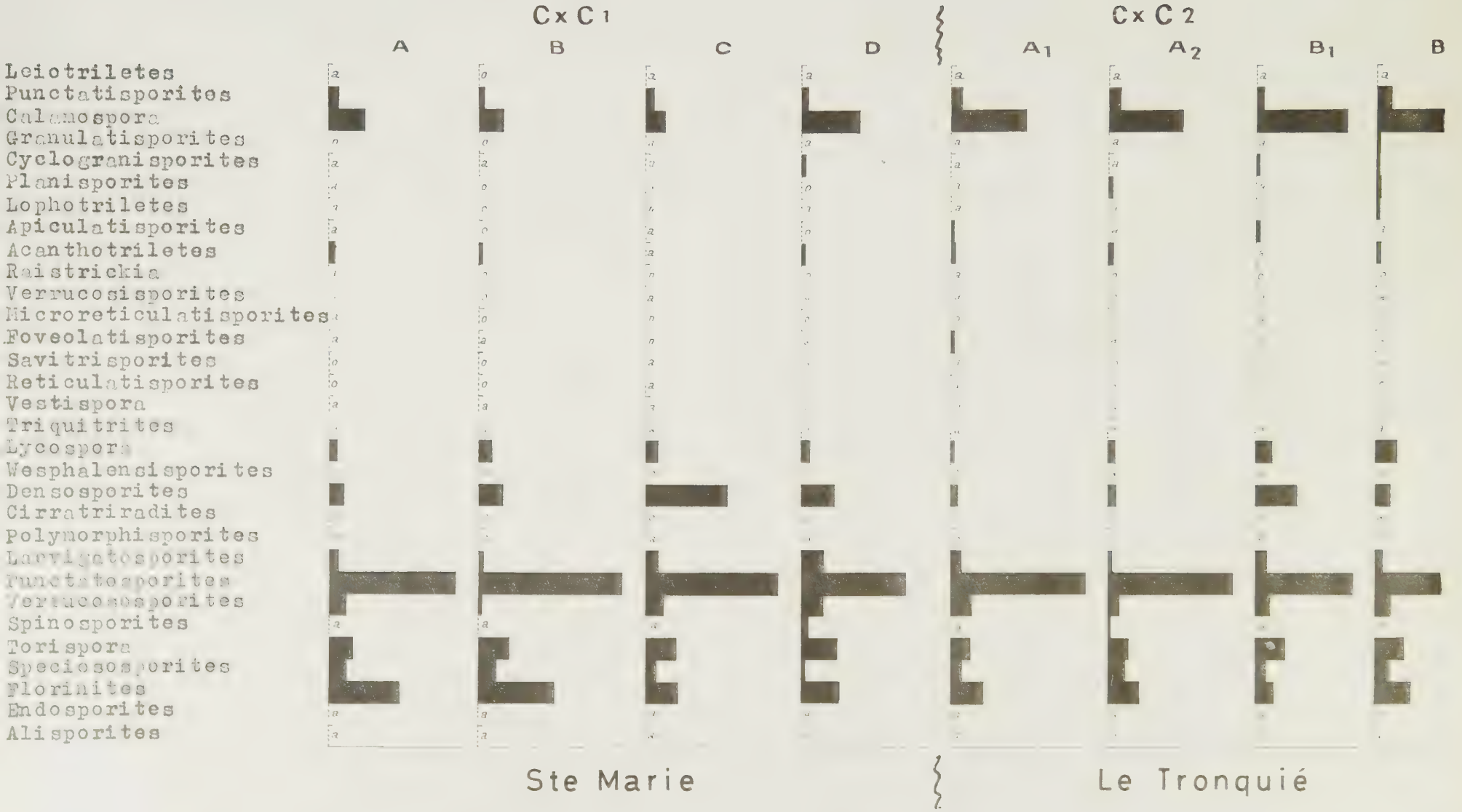


Fig. 16

Tableau 37

Veine C. (Cx C_1 et Cx C_2) : Fréquence des principaux genres

Nom des genres Cx C_1 Cx C_2	1° sillon A A_1	2° sillon B A_2	3° sillon C B_1	4° sillon D B_2
Calamospora				
Cx C_1	9,75 %	6,8 %	5,5 %	16,2 %
Cx C_2	20,6 %	22 %	24,2 %	21 %
Lycospora				
Cx C_1	2,15 %	4 %	3,4 %	2,4 %
Cx C_2	1 %	2,1 %	4,7 %	6,1 %
Densosporites				
Cx C_1	4,1 %	6,8 %	22,3 %	9,2 %
Cx C_2	2,1 %	2,5 %	11,2 %	4,2 %
Laevigatosporites				
Cx C_1	2,65 %	1,6 %	3,6 %	6,2 %
Cx C_2	3,2 %	1,4 %	3,3 %	2,6 %
Punctatosporites				
Cx C_1	34,55 %	39,6 %	30,6 %	28,6 %
Cx C_2	37 %	34 %	26,4 %	25,2 %
Verrucososporites				
Cx C_1	4,6 %	1,2 %	4,85%	6,2 %
Cx C_2	5,9 %	3,2%	4,1 %	4,3 %
Torispora				
Cx C_1	6,65 %	8,4 %	8,25%	10 %
Cx C_2	5,3 %	5,8 %	8,1 %	8,1 %
Speciosporites				
Cx C_1	4,8 %	4,8 %	2,85%	1,2 %
Cx C_2	3,7 %	4,8 %	3,1 %	3,8 %
Florinites				
Cx C_1	19,85 %	20,8 %	8,95%	10,4 %
Cx C_2	9,1 %	8,4 %	5,1 %	10 %

L'examen des fréquences comme l'examen des histogrammes montre que ces deux veines se ressemblent par leur composition palynologique, comme se ressemblent deux veines proches par leur situation stratigraphique.

En effet, il n'y a pas d'identité parfaite, sillon par sillon entre les fréquences des divers genres de spores, mais tout de même ressemblance très grande dans le profil des histogrammes. Ces faits proviennent certainement de la distance assez grande qui sépare les deux percées.

De plus, les fréquences de certaines spores semblent encore liées au faciès.

C'est ainsi qu'on relève les maximum de Punctatosporites soit en Cx C_2, lorsque les charbons sont compris entre des niveaux intercalaires schisteux, soit en Cx C_1 dans les mêmes conditions.

Pour les sillons supérieurs, ces maximum se trouvent en Cx C_2 : 37 % contre 34,55 % en Cx C_1. Pour les sillons inférieurs ces maximum se trouvent en Cx C_1 : 39,6 % 30,4 % 28,6 % contre 34 % 26,4 % 25,2 % pour les sillons correspondant de Cx C_2.

Les variations horizontales confirment donc ce que nous avaient appris les variations verticales liées au faciés : les apports de spores diffèrent en même temps que les apports de sédiments.

3°/ Remarques et discussion

Toutes les observations que nous venons de faire sur les variations palynologiques liées au faciès peuvent être résumées dans le tableau suivant.

Conditions favorisant des fréquences élevées pour certains genres de spores

Nom des genres	charbons	autres roches
Florinites	- charbon barré. - charbon au contact de grès schisteux - charbon au contact des tonstein.	- schistes - gore - tonstein
Densosporites	- charbon pur. - charbon au contact de charbon.	- schistes à radicelles

(Suite du tableau)

Punctatosporites	- charbon barré. - charbon au contact de schistes.	- schistes - grés schisteux (toits ou murs surtout).
Calamospora	- tous les charbons qu'ils soient purs ou barrés.	- schistes seulement toits ou murs.
Lycospora	- pas de fortes fréquences.	- schistes
Verrucososporites	- pas de fortes fréquences.	-grès surtout murs.
Torispora	- pas de fortes fréquences.	-tous les faciès

Tableau 38

Ce tableau montre nettement que les fréquences de certains genres de spores sont liées à un faciès déterminé. Nous examinerons chaque cas en particulier.

1) Genre Densosporites.

Les plus fortes fréquences pour le genre Densosporites ont été trouvées dans des échantillons de charbon, pris la plupart du temps dans des colonnes de charbon pur. Les fréquences diminuent considérablement au contact des gores, des tonstein et des schistes, et peuvent même devenir nulles dans ces niveaux intercalaires.

Un seul maximum a été signalé dans un schiste à radicelles.

Cet ensemble de faits montre que les conditions nécessaires pour le dépôt des Densosporites sont celles de l'autochtonie, tout au moins dans le bassin de Carmaux.

Certains auteurs ont des théories en accord avec ces observations. KOSANKE (1950) pense que les Densosporites se seraient déposées dans un marécage ne renfermant qu'un type de plantes mères des Densosporites, et explique lui aussi leurs maximum par l'autochtonie.

De même NAOUMOVA (1953) affirme que si un très petit nombre d'espèces sont dominantes (2 ou 3, tout en présentant des fréquences très élevées (30 à 50 %) on est en présence d'un complexe autochtone. Mais il est d'autres auteurs qui ont donné à ces maximum des significations variées :

STACH (1954), POTONIE (1959) pensent que les Densosporites ont une origine allochtone et ont subi un long transport ; ils ont observé en effet dans le Wesphalien de la Rhur (bassin paralique) des échantillons donnant des courbes de Densosporites inverses de celles des Lycospora provenant de Lycopodiacées arborescentes caractéristiques des marécages forestiers.

Il est évident que les Densosporites sont particulièrement bien adaptées au transport par l'eau, étant munies d'une couronne qui peut les faire flotter et les stabiliser. Mais à Carmaux nous ne pouvons affirmer ce que STACH et POTONIE disent des Lycospora ; en effet les courbes des Lycospora et des Densosporites varient souvent dans le même sens, comme nous l'avons déjà fait remarquer.

Donc, si nous nous basons sur le critère des Lycopodiacées, les Densosporites seraient d'origine autochtone à Carmaux.

Enfin, si nous envisageons les affinités botaniques, nous voyons qu'on a trouvé des spores du genre Densosporites dans des plantes mères très variées, mais qu'on peut rattacher aux Sélaginelles et aux Lépidodendrons (voir affinités botaniques - chapitre II-).

Ce dernier fait plaide encore pour l'autochtonie.

Nous retiendrons donc la conclusion suivante, un maximum de Densosporites est très probablement signe d'autochtonie.

2) Genre Florinites.

Nous avons trouvé les plus fortes fréquences de Florinites dans les charbons barrés, les charbons au contact de grès schisteux, de gore ou de tonstein, et dans les schistes, les gores et les tonstein. Les matériaux qui ont servi à édifier ces différents sédiments proviennent de régions assez éloignées du bassin ce qui prouverait l'allochtonie des Florinites.

Mais l'origine des tonstein en particulier, ne serait pas la même suivant les différents auteurs et reste controversée ; de plus, les roches appelées tonstein par le passé étaient souvent très différentes d'aspect et de propriétés.

On est, à l'heure actuelle arrivé cependant à l'accord sur un point : tous les tonstein possèdent de la kaolinite, soit sous sa forme phylliteuse ou en batonnets ou en sphérules, soit encore sous son faciès "leverriérite".

La kaolinite ne peut se former qu'au dépens d'une roche silicatée alumineuse, dans des conditions de pH acide, donc avec un drainage évacuant les cations alcalins et alcalino-terreux. D'après ERHART (1962), ce départ peut se faire de deux manières, soit par drainage de sols exondés en climat humide, soit dans des sols immergés si les bases peuvent être évacuées par un exutoire du bassin. ERHART conclut alors en disant que la kaolinite des tonstein s'est formée dans des terrains de bordure de marécage, périodiquement inondés ; il pense qu'un mouvement épirogénique très faible peut porter cette portion de marécage en position de franche exondaison : c'est la théorie de la "bio-rhexistasie d'exondaison" ; il subsiste un sol blanc déferrifié, s'étendant loin dans le marécage, mais les tonstein sont en couches peu épaisses, le remaniement est de courte durée, les sols kaoliniques étant complètement errodés, une végétation d'hygrophytes s'installe, arrêtant les apports détritiques grossiers ; c'est la "biostasie" et les dépôts tels que GREBER (1962) les décrit , reprennent avec formation de couches de charbon.

Cette théorie s'accorde avec ce que nous connaissons à Carmaux du point de vue palynologique ; on constate en effet au-dessus du tonstein, un changement dans la composition palynologique, changement qui s'affirme parfois bien à ce niveau là, ou qui est seulement amorcé pour devenir plus net 40 cm au-dessus du tonstein.

Il y aurait apport de Densosporites pendant les périodes calmes, et de Florinites pendant les périodes où se produisent des mouvements d'exondaison du sol.

Cependant, cette hypothèse de l'apport de la kaolonite n'est pas la seule envisagée. Certains pensent que les tonstein peuvent avoir une origine différente car ils forment des couches d'une très grande étendue.

BOUROZ les a repérés dans la Sarre sur 80 km ; à Carmaux ils ont permis par leur constance le raccordement des couches (VETTER - 1962 -). Seule une origine volcanique serait susceptible d'expliquer leur grande extension, leur position variable par rapport à une couche de charbon, et leur grande épaisseur.

Cette origine n'est pas contradictoire avec nos résultats ; les cendres volcaniques pourraient amener avec elles des pollen venus de l'extérieur. de plus qui dit éruption volcanique dit souvent instabilité du sol, ce qui nous permet d'expliquer le manque de régularité pour les résultats donnés par les veines renfermant des tonstein, veine G en particulier où les résultats ne sont plus prévisibles, comme pour les veines supérieures, sans tonstein.

Quoi qu'il en soit, les Florinites ayant leurs plus fortes fréquences dans les tonstein auraient une origine allochtone, quelle que soit l'explication adoptée quand à l'origine de ces derniers.

Nos remarques palynologiques sont donc bien en accord avec ce que pensait PRUVOST (1962) : "les tonstein toujours constitués d'un minéral argileux de la famille de la kaolinite témoigneraient d'une subsidence saccadée".

Si nous revenons à la théorie de NAOUMOVA sur les "complexes", nous voyons qu'elle n'est plus en accord avec ce que nous pensons des maximum des Florinites. En effet, ici ce maximum ne prouve pas l'autochtonie.

De plus, si nous envisageons les affinités botaniques des Florinites (ch. II) nous voyons que les spores appartenant à ce genre proviennent d'espèces que l'on peut classer parmi les Cordaïtales, les Cycadofilicales, les Coniférales. Ces plantes sont donc des arbres, vivant à une certaine distance du marécage parfois même sur les pentes montagneuses, ce qui vient encore confirmer l'origine allochtone du genre Florinites.

3) Genre Punctatosporites.

Nous avons observé des fréquences très élevées du genre Punctatosporites dans des charbons barrés, des charbons au contact des schistes et dans des grès schisteux, s'il s'agit de toits ou de murs.

Nous trouvons donc de fortes fréquences de Punctatosporites dans les terrains à peu près semblables à ceux où l'on trouve les maximum des Florinites, sauf pour les tonstein, où seules subsistent les fortes fréquences des Florinites et les grès schisteux, où seules subsistent celles des Punctatosporites. Les grès grossiers ne donnant jamais de maximum de Punctatosporites il semble que le facteur conservation suivant la grosseur des sédiments ne doive pas intervenir.

Donc, les Florinites auraient de fortes fréquences quand ce sont les matériaux les plus éloignés qui se sédimentent, et les Punctatosporites, les matériaux plus proches de la lagune houillère, une zone leur étant commune (fig. 17).

On peut conclure en disant que les Punctatosporites ont également une origine allochtone, mais que les plantes mères risquaient de vivre plus près du bassin, que les plantes mères des Florinites.

Les affinités botaniques viennent, une fois de plus, confirmer nos observations. Les Punctatosporites ayant comme plante mère des Marattiales, (ch. II) c'est-à-dire des Fougères arborescentes, proviennent de plantes vivant dans des zones plus humides que celles dont proviennent certaines Florinites.

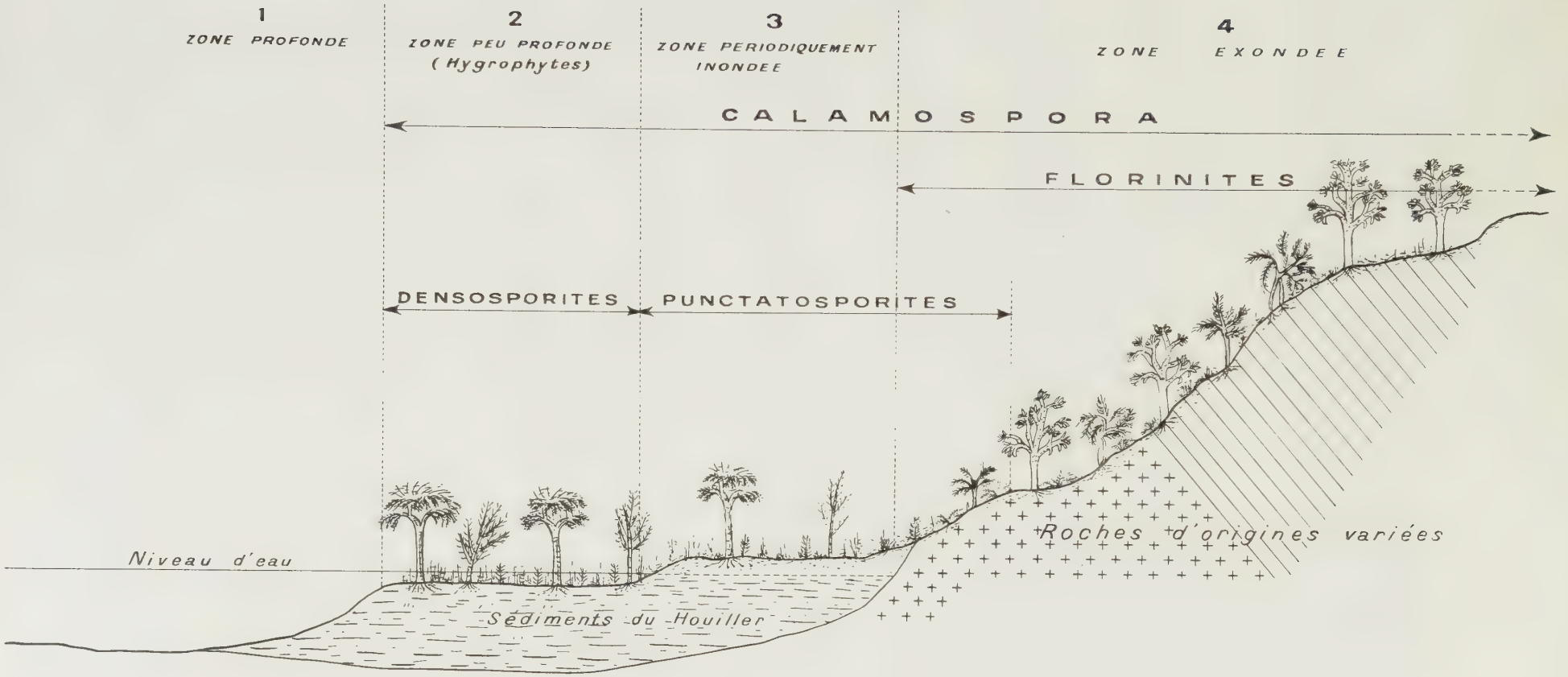


Fig. 17

Zone de croissance des plantes mères des spores dont l'abondance est liée au faciès

Les plantes mères des Punctatosporites devaient vivre en bordure du rivage, dans une zone d'une certaine largeur ; un affaissement du sol de la lagune houillère, ou une montée des eaux, amenaient leur destruction partielle d'où leur fréquence moindre dans les charbons purs.

4) Genre Calamospora

Nous les avons qualifiées de "mauvaises herbes d'une association palynologique donnée" ; on les trouve dans tous les terrains examinés, dès que les autres genres enregistrent un recul.

Les plantes qui leur ont donné naissance, (ch.II) font partie des Calamitales, des Naeggerathiales, des Sphenophyllales ou des Lycopodiales, donc de groupes suffisamment variés pour avoir des habitats différents, ce qui expliquerait un apport constant quelles que soient les conditions réalisées.

Quant aux autres spores portées sur le tableau, elles n'ont des fréquences élevées que trop rarement pour permettre une généralisation.

5) Conclusion

On pourrait peut être se représenter les variations de la flore houillère du bassin de Carmaux, à la lumière des résultats palynologiques et des précédents développements.

Pendant la période correspondant au dépôt des veines inférieures la "subsidence saccadée" (PRUVOST), amenait le lessivage des sols kaoliniques (ERHART), ou peut être accompagnait les éruptions volcaniques (BOUROZ), avec formation de tonstein et destruction des hygrophytes : Selaginelles et Lycopodes ; à ce moment les Densosporites étaient amenées à disparaitre, mais il devait y avoir arrivée massive de spores de Cordaïtes de la terre ferme, avec formation de couches à grand maximum de Florinites, encore renforcé par l'absence des autres spores.

Puis, la subsidence devenant régulière, le marécage acide reparaissait, la flore des hygrophytes se reformait et les débris végétaux s'accumulaient ainsi que les Densosporites donnant des charbons purs à Densosporites qui correspondaient à des dépôts phytologiques plus autochtones.

Cette flore d'hygrophytes devait comprendre à côté des plantes mères des Densosporites, certaines Ptéridophytes et Lepidophytes, plantes mères des Acanthotriletes, des Lophotriletes et des Lycospora, souvent plus abondantes dans les charbons purs.

Si alors des mouvements orogéniques de faible amplitude survenaient avec approfondissement du bassin, les hygrophytes disparaissaient momentanément ; avec les matériaux pouvant donner des schistes arrivaient des apports plus extérieurs et les couches présentant des maximum de Punctatosporites, coïncidant dans ce cas presque toujours avec des maximum de Florinites, apparaissaient.

Enfin un ennoyage, dû peut-être à un apport fluvial, entrainait des matériaux plus grossiers, aboutissant à la formation des grès, parfois mêlés de carbonate de fer ; la flore à Punctatosporites était alors détruite et il ne pouvait plus y avoir que des Florinites, déposées en abondance, car elles provenaient de plantes, qui, sur les pentes des montagnes survivaient aux bouleversements locaux.

Pendant que se déroulaient ces diverses phases, des plantes très variées, à adaptations diverses et vivant plus ou moins loin du marécage devaient continuer à tour de rôle à fournir des Calamospora.

On pourrait expliquer ainsi les variations successives de faciès et de leurs caractères palynologiques, tant pour les veines inférieures que pour les veines plus jeunes ou la subsidence devait être plus régulière.

Quant aux légères variations contemporaines dans une même veine nous les avons expliquées par les différences de profondeur entre les divers points du bassin au moment considéré et leur distance du rivage.

Mais avant de conclure il est encore utile de faire quelques remarques tenant compte à la fois du facteur temps et du facteur faciès, dans l'ensemble des niveaux de la mine de Carmaux, aussi bien productifs que stériles vus dans leur ensemble.

V - ETUDE D'ENSEMBLE DES COMPOSITIONS PALYNOLOGIQUES DES VEINES DE CHARBON, DES MURS, DES NIVEAUX STERILES INTERCALAIRES, DES TOITS ET CONCLUSIONS QUI EN DECOULENT.

Nous étudierons d'abord la composition palynologique des murs par rapport à la composition de l'ensemble de la veine, puis des niveaux intercalaires, enfin des toits.

1) Murs.

Nous avons choisi un mur par veine, parmi tous les échantillons étudiés ; l'examen des histogrammes, (fig. 18), nous montre que le mur, quelle que soit sa nature, a les caractères de la veine qu'il précède. Il reproduit le profil de la veine, pour l'ensemble Torispora, Speciososporites, Florinites. Il reproduit également la plupart du temps les maximum du sillon qu'il commence parfois même en les accentuant.

Nous pouvons citer le mur de Cx IV_2 (Grillatié) avec 46,8 % de Florinites contre 18,3 % pour le sillon du mur ;

Histogrammes correspondants aux murs des principales veines

Fig. 18

HISTOGRAMMES CORRESPONDANTS: AUX MURS DES PRINCIPALES VEINES

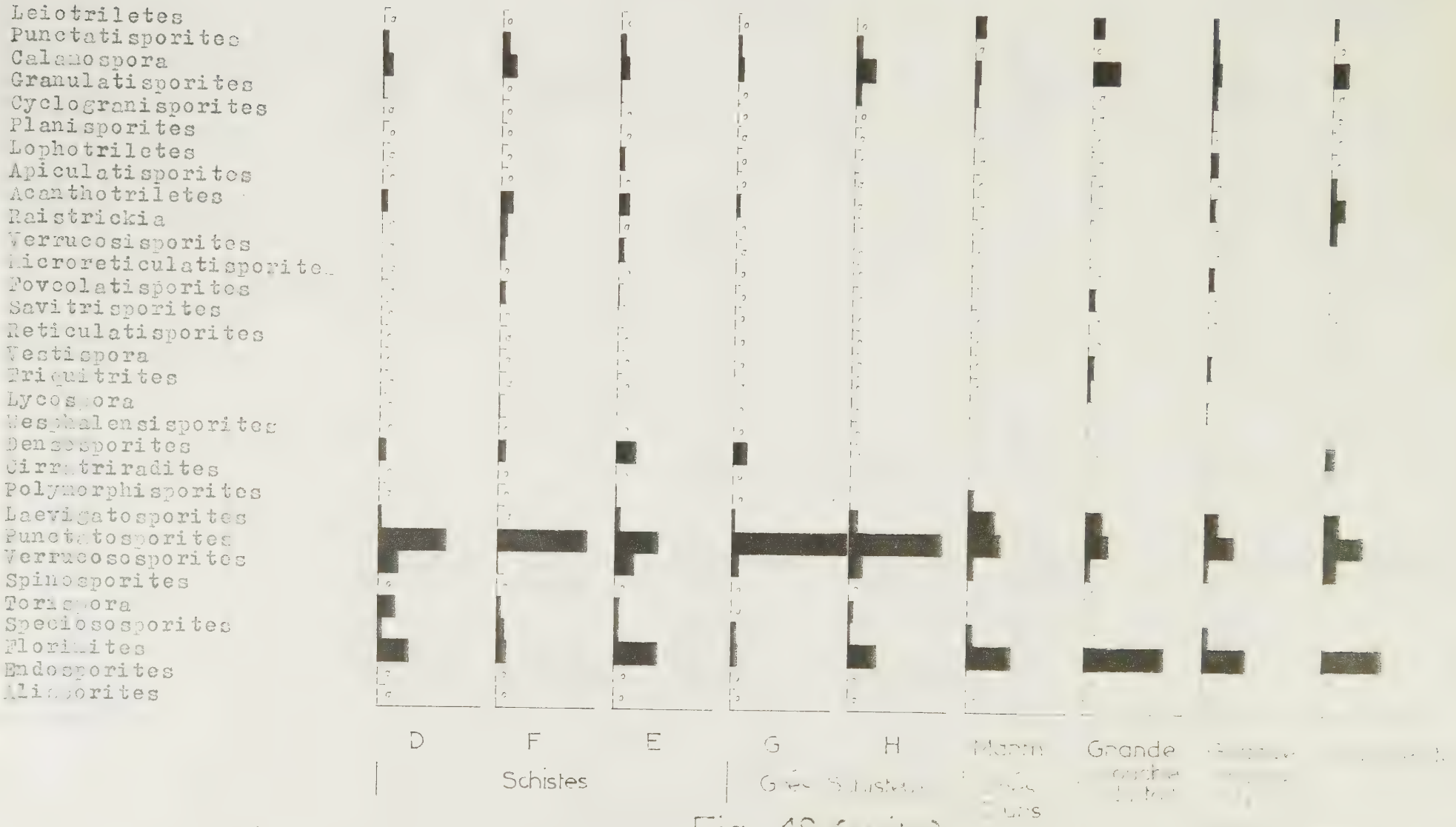


Fig. 18 (suite)

Histogrammes donnés par les échantillons provenant de niveaux stériles

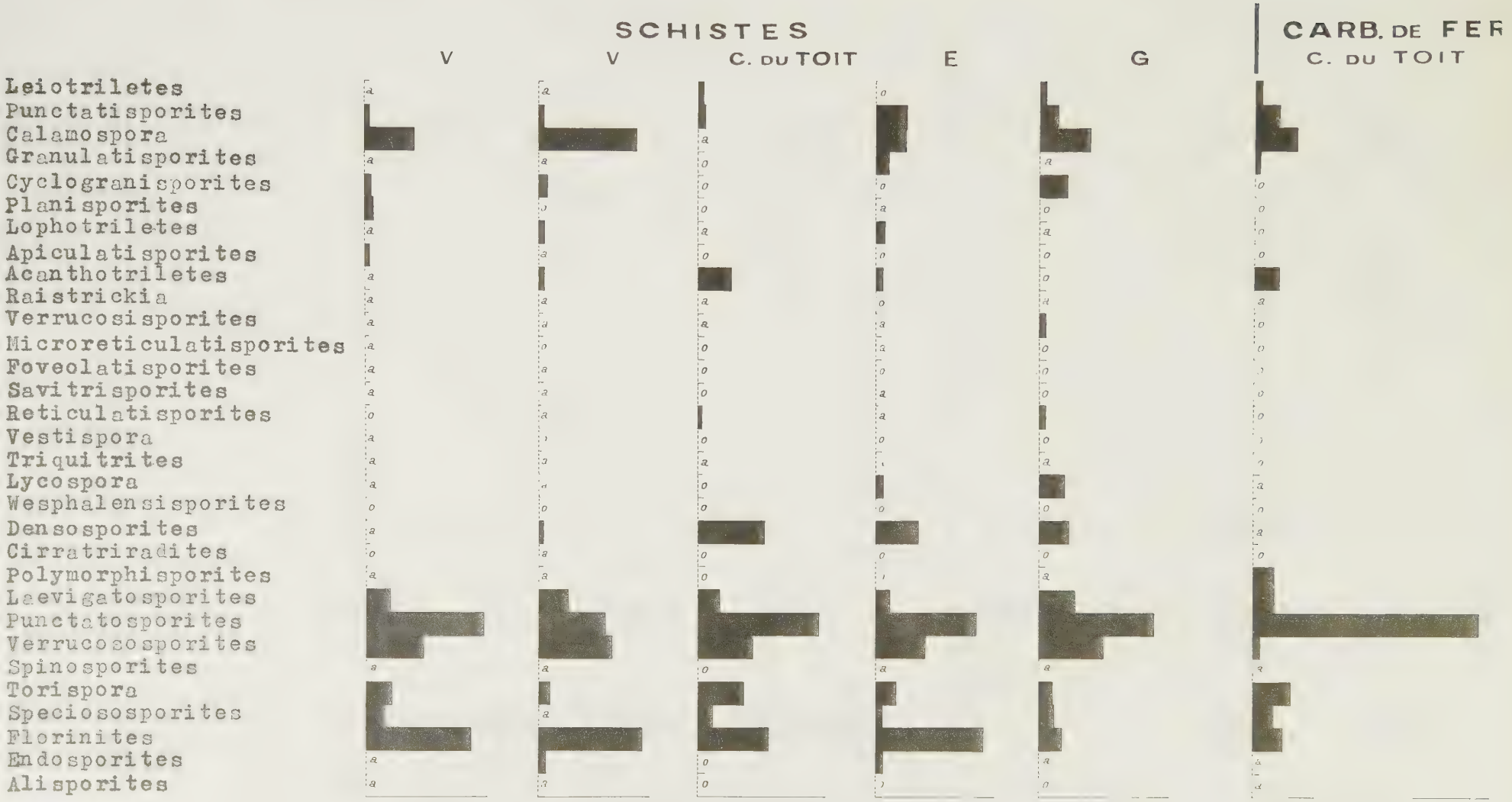


Fig. 19

Histogrammes donnés par les échantillons provenant de niveaux stériles

Fig. 19
(SUITE)

le mur de Cx D_1 (Sainte Marie) avec 40 % de Punctatosporites contre 38,8 % pour le sillon du mur ; le mur Cx E_1 (Tronquié) avec 10,8 % de Densosporites contre 8,9 % pour le sillon du mur.

Cependant, parfois les fréquences des Verrucososporites et des Laevigatosporites diffèrent, alors que pour les charbons elles sont semblables ; malgré cette différence particulière à certaines veines, les histogrammes des murs, pour les zones I, II, III reproduisent les caractères principaux des histogrammes réalisés pour les charbons (fig. 18).

L'histogramme unique résultant des moyennes établies pour les trois zones et uniquement pour les murs, s'apparente également à celui établi pour les charbons de tout le bassin de Carmaux. (fig. 21).

2) Niveaux intercalaires.

Nous avons groupé les niveaux en quatre séries suivant leur nature : schistes, tonstein, grès et grès schisteux, carbonate de fer.

- Schistes : Nous avons pu examiner une cinquantaine d'échantillons, nous donnons 5 histogrammes à titre d'exemple.

- Tonstein : Une douzaine d'échantillons ont été étudiés; nous donnons 3 histogrammes à titre d'exemple.

- Grès et grès schisteux : Nous avons trouvé dans toutes les veines étudiées environ une douzaine de niveaux intercalaires gréseux ; nous donnons trois histogrammes à titre d'exemple.

- Carbonate de fer : Nous publions un histogramme sur les cinq que nous avons pu établir.

Il est à remarquer que tous les histogrammes choisis (fig. 19), ont des caractères semblables à tous ceux que nous avons étudiés, et qu'il serait trop long de publier.

Pour l'ensemble des niveaux intercalaires les fréquences du groupe Florinites, Speciosporites, Torispora, varient dans le même sens que pour les charbons de la veine correspondante ; mais par contre les Verrucososporites et les Laevigatosporites n'ont pas souvent des fréquences semblables ; la plupart du temps ce sont les fréquences des Verrucososporites qui l'emportent allant jusqu'à 40 % ; plus rarement, les Verrucososporites deviennent spores accessoires et les Laevigatosporites peuvent atteindre 8,8 %.

Cette inégalité des fréquences des Verrucososporites et des Laevigatosporites est une des caractéristiques du Stéphanien C (DOUBINGER - 1962 -).

Certaines spores trilètes en nombre plus faible ou spores accessoires dans les charbons, peuvent atteindre ici des valeurs plus grandes : ce sont les Acanthotriletes (jusqu'à 10 %) les Lycospora (jusqu'à 14 %).

Nous pouvons donc conclure en disant que d'une manière générale, les niveaux intercalaires, par leur composition palynologique ont des caractères de couches plus récentes : (Stéphanien B dans le Stéphanien A - Stéphanien C dans le Stéphanien B).

GREBER avait déjà mentionné ce fait pour les niveaux intercalaires des charbons de la Rhur.

Il faut donc être prudent pour l'emploi d'arguments stratigraphiques lorsqu'on ne dispose que d'échantillons de niveaux non charbonneux.

3) Toits.

On peut voir ci-dessous les histogrammes réalisés pour les toits : (Résultats par veines - fig. 20 -).

L'examen de ces histogrammes montre que les toits ne ressemblent en rien à la veine qu'ils terminent, cela n'a rien d'étonnant puisqu'il s'agit d'un nouvel apport et d'un changement des conditions de dépôt.

La symétrie entre les fréquences des Verrucososporites et des Laevigatosporites a disparu ; soit l'une soit l'autre de ces spores peut être spore accessoire ou négligeable, on ne retrouve plus les fréquences habituelles du groupe Florinites, Speciososporites, Torispora ; enfin les spores habituellement accessoires ou peu abondantes dans les charbons peuvent atteindre de fortes fréquences : Cyclogranisporites 6 % , Acanthotriletes 8 %.

Nous pouvons conclure en disant que l'étude des roches, autres que les charbons nous apprend, qu'en règle générale les murs qui commencent un cycle de sédimentation ont les caractères palynologiques du charbon qui les surmonte ; les niveaux intercalaires présentent parfois des caractères d'associations palynologiques plus jeunes quant aux toits, leur composition est beaucoup plus anarchique.

Nous avons également établi pour les toits, des histogrammes moyens par zone et une fois de plus, nous constatons que les réserves que l'on doit faire pour une étude portant sur un échantillon unique deviennent inutiles pour une étude d'ensemble.

En effet, si l'histogramme des toits de la zone I diffère de celui des charbons établi pour la même zone, ceux des zones II et III sont comparables. (fig. 21).

HISTOGRAMMES DES TOITS
(détail)

CARMAUX NORD

10%

Fig. 20

HISTOGRAMMES DES TOITS
(détail)

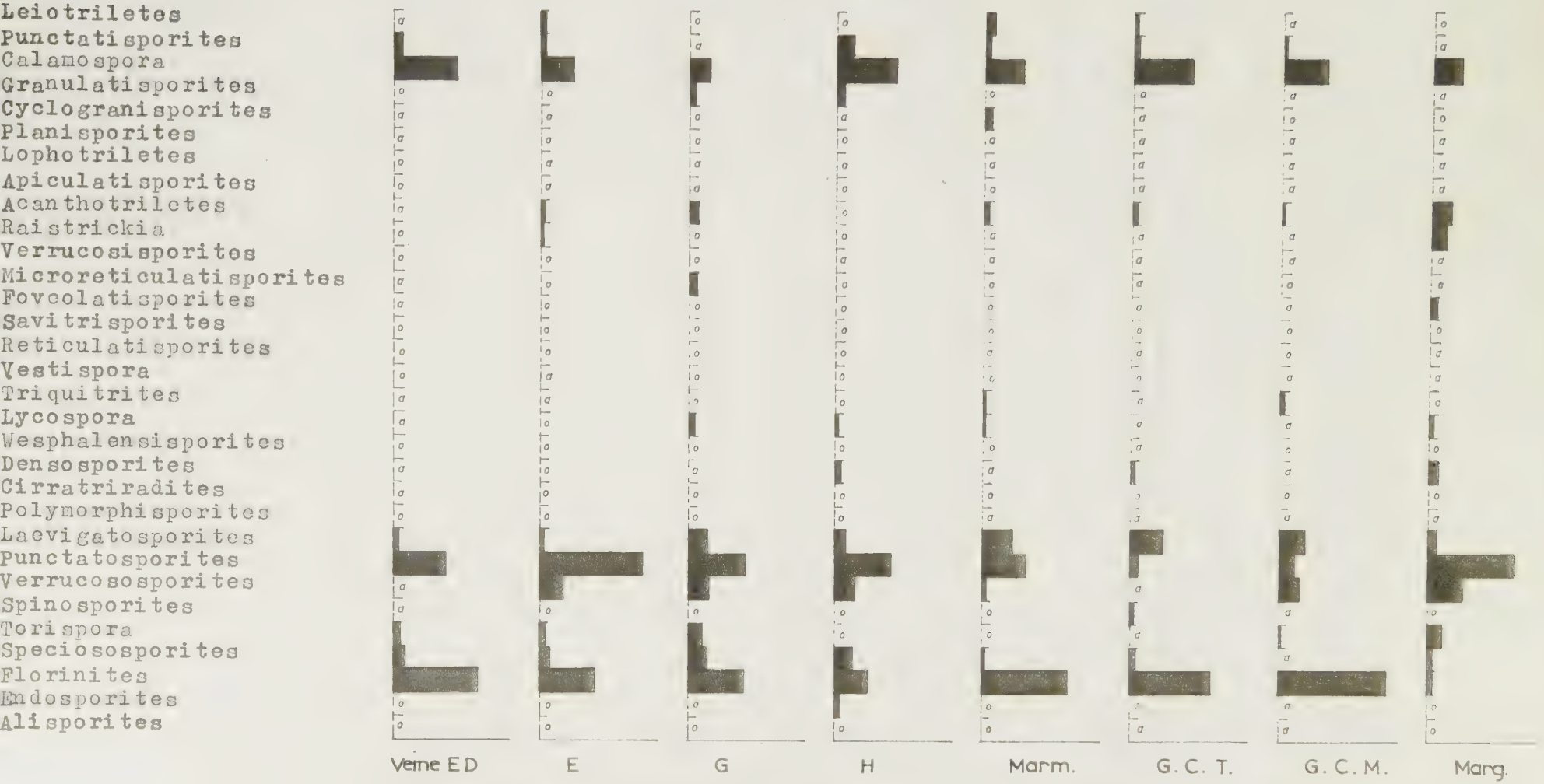


Fig. 20 (suite)

Enfin, en considérant encore la moyenne générale des fréquences obtenues pour tous les comptages réalisés sur des échantillons provenant de toits, nous voyons qu'il est assez semblable au profil obtenu pour les charbons de Carmaux (fig. 21).

4) Conclusion

Donc, en considérant des moyennes établies sur de grands nombres, murs charbons et toits ont des caractères communs, pour les spores qui peuvent donner par leurs fréquences des indications stratigraphiques : les variations des spores dont les fréquences sont liées au faciès s'annulant à cause du grand nombre d'échantillons considérés et ne laissant ressortir que les caractères constants pour toute une zone donnée.

Par conséquent, en étudiant un échantillon ou une moyenne de plusieurs échantillons pris au même endroit, il faudra pour le replacer stratigraphiquement toujours tenir compte de sa nature et de l'influence du faciès ; en particulier pour comparer deux échantillons, il est absolument nécessaire qu'ils soient de même nature.

Mais en étudiant un profil résultant d'une moyenne portant sur de nombreux échantillons, provenant par exemple de plusieurs niveaux d'une même veine ou de plusieurs veines, les mêmes précautions ne sont plus à prendre.

On ne peut terminer cette étude statistique sans signaler qu'elle n'a pas tenu compte des mégaspores et donner les raisons de cette lacune.

VI - CAS DES MEGASPORES

Les mégaspores n'ont pas été utilisées statistiquement dans l'étude du bassin de Carmaux, car leur observation est à peine amorcée pour quelques veines. De plus il parait difficile de donner aux fréquences des genres de mégaspores, la même signification qu'aux fréquences des microspores, les mégaspores étant en moins grand nombre dans une quantité donnée de sédiments.

Cependant, malgré ces restrictions, il faut souligner quelques observations intéressantes qui ont déjà été faites :

Pour les deux veines étudiées avec plus de détail, veine IV et veine Marmottan, les mégaspores sont plus abondantes dans le sillon du mur ; il se trouve que ce sillon est également riche en Florinites dans le cas des deux veines déjà citées. Il serait utile de voir si ce fait est général.

On doit également mentionner que l'association de Mégaspores de la couche Marmottan présente des ressemblances avec les associations du Wesphalien C supérieur du bassin de Lorraine ; ces affinités peuvent résulter du fait que la présence des mégaspores est liée à la présence de certaines plantes hétérosporées : Lycopodes, Lepidodendrons et Sigillaires plus nombreuses au Wesphalien C et se retrouvant à la base du Stéphanien A.

Il sera sans doute fructueux de poursuivre cette étude, et de compléter les listes de spores des associations palynologiques des trois zones de Carmaux, par les noms des espèces de mégaspores qui y sont présentes.

Dans ce chapitre, nous avons successivement étudié les variations des fréquences des différents genres de spores liées à la position stratigraphique des terrains et celles liées au faciès. Cependant notre étude ne serait pas complète si nous n'avions pas essayé d'utiliser ces résultats.

C'est ce que nous allons tenter, en comparant les complexes palynologiques caractérisant certains niveaux de quelques bassins houillers d'âge Stéphaniens, à ceux du bassin de Carmaux. (voir carte fig. 22)

Histogramme moyen des Murs, des Charbons et des Toits
et histogrammes par zones (Charbons, voir fig.8)

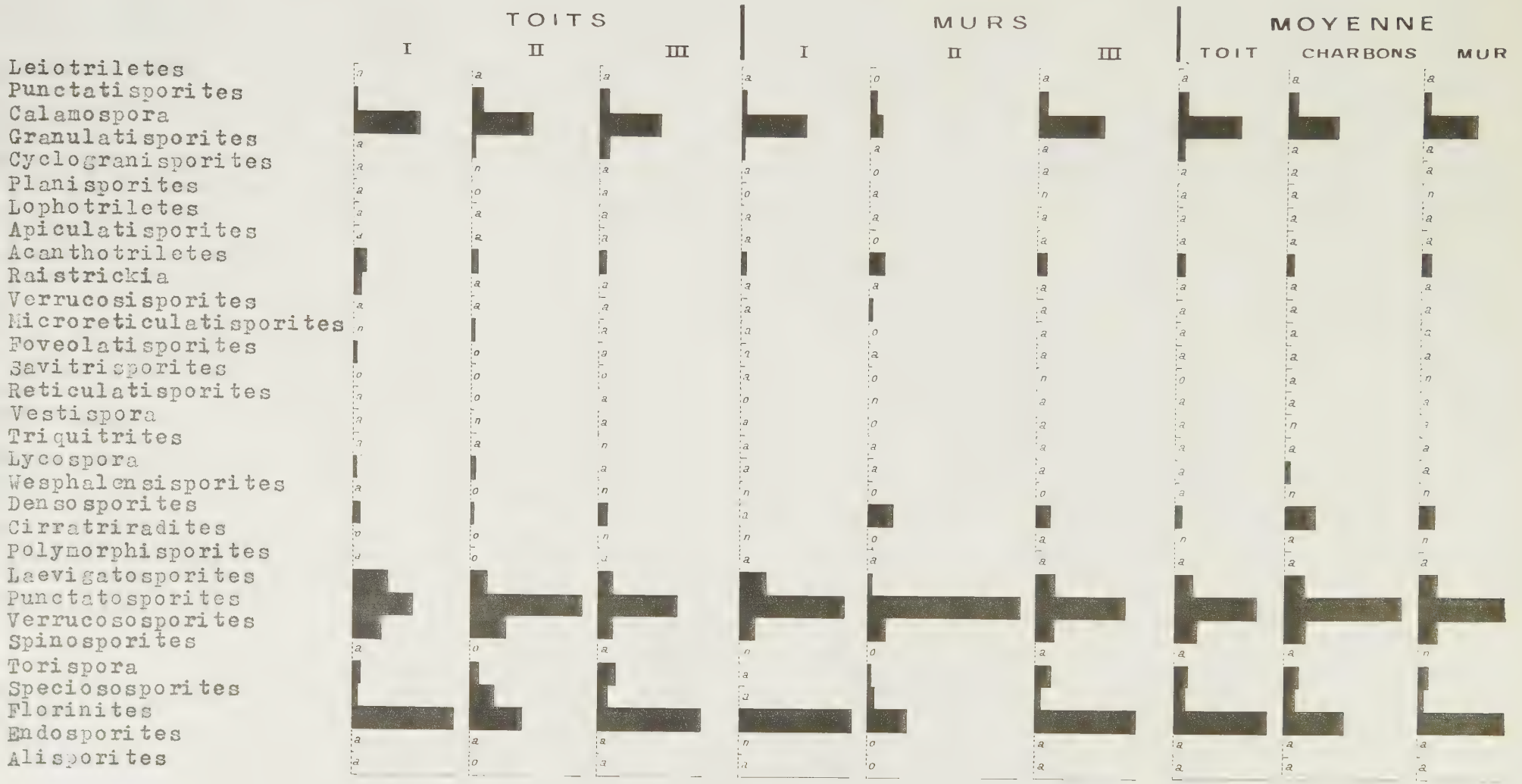


Fig.21

Situation géographique des Bassins étudiés

Fig. 22

VII - ETUDE COMPAREE DE QUELQUES COMPLEXES PALYNOLOGIQUES STEPHANIENS

1°/ Bassin de Saint Perdoux

Nous avons pu obtenir un échantillon global moyen pour la couche des mines du Mas del Bos et pour chacune des veines des mines du Soulié : couche des Ramp ou veine inférieure, couche moyenne, couche supérieure.

Sur les montages réalisés nous avons compté 1000 spores par veine.

Les résultats d'ensemble sont donnés par la fig. 23.

On peut y voir les histogrammes réalisés pour les veines de Saint-Perdoux et ceux des veines de Carmaux présentant des complexes palynologiques semblables.

Nous analyserons ces diverses représentations graphiques.

1/ Mas del Bos

Nous remarquons que les genres Florinites, Speciosporites et Torispora donnent à la partie inférieure de l'histogramme le même profil à la veine J et à la couche du Mas del Bos, donc le profil caractéristique des veines de Carmaux Sud et des veines inférieures de Carmaux Nord. De plus, le Stéphanien A est habituellement caractérisé par 1 à 2 % de Lophotriletes (1,7 % au Mas del Bos) une fréquence voisine de 1 % pour les Leïotriletes (0,8 % au Mas del Bos).

On y relève également comme dans les veines inférieures de Carmaux, la présence de spores caractéristiques, telles Savitrisporites majus et Microreticulatisporites nobilis.

Cependant, nous enregistrons certaines divergences : 34,9 % de Calamospora au Mas del Bos, contre 13,9 % pour la veine J ; mais nous avons déjà démontré que la variation des Calamospora n'avait rien de significatif dans les limites du Stéphanien ; 16,4 % de Punctatosporites au Mas del Bos contre 42,8 % dans la veine J ; là encore de telles divergences se trouvaient à Carmaux pour des échantillons d'une même veine et étaient dues au changement de nature des terrains voisins ; enfin nous enregistrons un plus grand nombre de Spinosporites.

2/ Le Soulié

a) Couche des Ramp

Nous avons rapproché cette couche également de la veine J. Nous remarquons en premier lieu une très forte fréquence de Punctatosporites (73,5 %) ; cette fréquence peut se retrouver à n'importe quel niveau du Stéphanien, elle est simplement liée à un faciès donné, mais nous devons en tenir compte car elle va entrainer la diminution ou l'absence des autres spores sans qu'on puisse leur donner dans ce cas de signification stratigraphique.

C'est ainsi que les Lophotriletes et les Leïotriletes sont spores accessoires, les Savitrisporites et les Microreticulatisporites absentes, les Florinites réduites à leur fréquence minimum.

Compte tenu de ces remarques, nous voyons qu'on peut enregistrer les proportions décroissantes suivantes : Florinites 6,6 %, Speciosporites 3,3 %, Torispora : spores accessoires. Ces proportions se retrouvent à Carmaux sans exception pour toutes les couches appartenant à la zone I.

Les fréquences des Laevigatosporites et des Verrucososporites sont peu différentes.

On trouve donc de grandes ressemblances entre les veines J, I, H, (Carmaux Nord), Grande couche du mur, Grande couche du toit, Marguerite, Marmottan, (Carmaux Sud) et les couches des Ramp et du Mas del Bos (Saint Perdoux).

b) Couche moyenne du Soulié.

Les résultats obtenus pour cette veine sont comparables à ceux obtenus pour les veines G, E, F de type F_1 donc pour la zone II de Carmaux.

Nous comparerons les histogrammes de la couche moyenne du Soulié et de la veine E.

Les Densosporites spores accessoires pour la couche moyenne du Soulié atteignent 24,96 % pour la veine E mais il s'agit là d'une spore cyclique.

Les Calamospora présentent des fréquences en proportions inverses, 31,4 % contre 13,9 % ; ceci n'est pas surprenant, leur présence est augmentée quand une spore est au minimum et ne donne aucun renseignement.

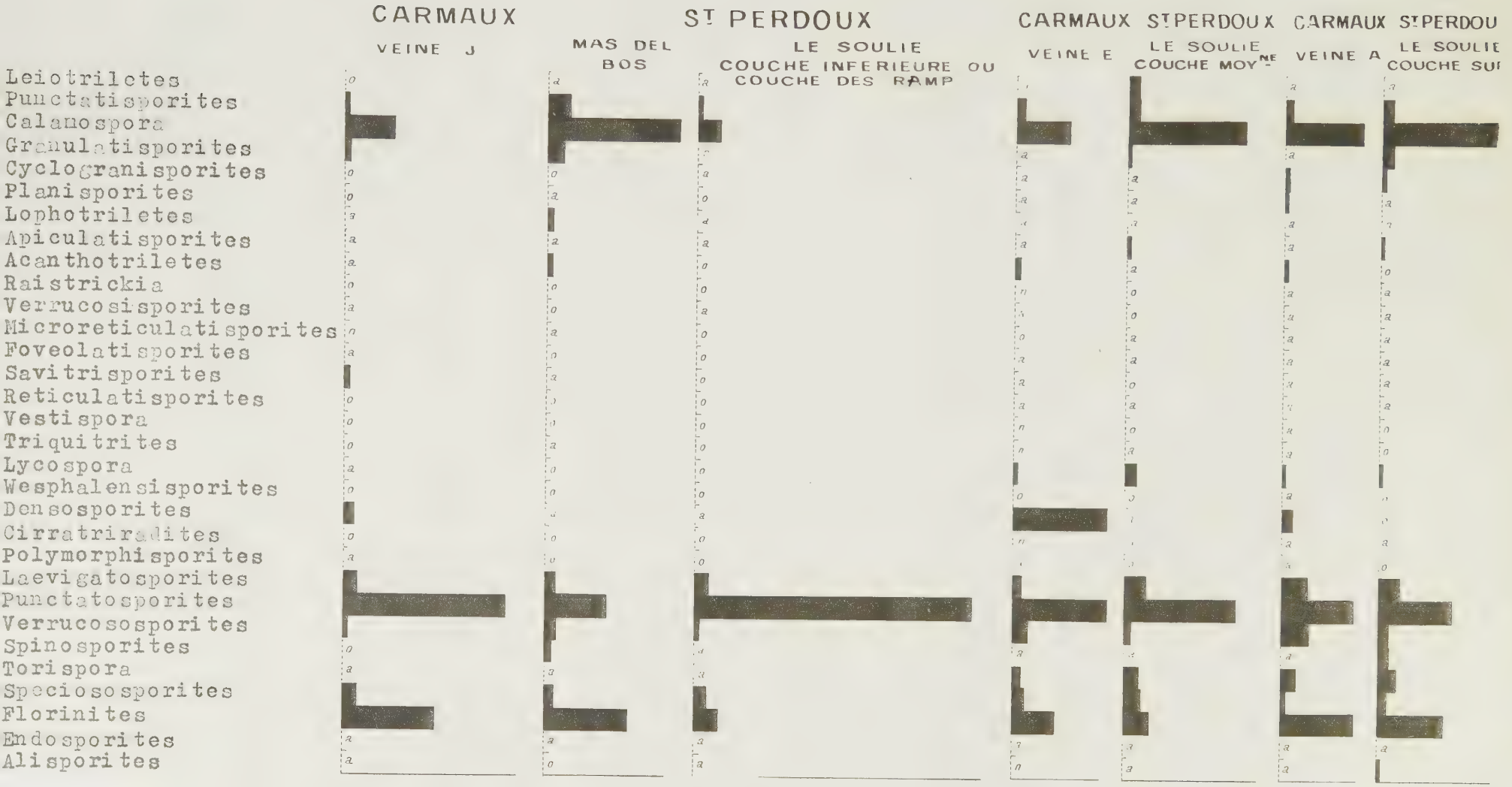
Les fréquences des autres genres sont similaires, nous devons signaler en particulier l'ensemble :

Florinites 7,1 % Speciosporites 4,6 % Torispora 3,8 % pour la couche du Soulié et

Florinites 11,34% Speciosporites 3,1 % Torispora 2,54% pour la veine E.

On peut également remarquer que cette zone représente à Carmaux une zone de transition entre les couches inférieures et les couches supérieures ; cela se traduit par la présence d'un grand nombre de spores accessoires : spores encore représentées car elles étaient spores principales dans les couches inférieures (Lophotriletes, Leïotriletes, Cyclogranisporites, Microreticulatisporites) ou spores qui verront leur maximum apparaitre dans les couches supérieures et dont la fréquence est déjà en augmentation (Torispora, Acanthotriletes, Planisporites).

Histogrammes comparés: St PERDOUX - CARMAUX



10 %

Fig.23

c) Couche supérieure du Soulié.

L'histogramme de cette veine présente de grandes ressemblances avec les histogrammes des couches supérieures du bassin de Carmaux. Nous le comparons à celui de la veine A.

Les résultats sont très proches pour tous les genres de spores. Il suffira de citer quelques chiffres : Torispora 4,8 % et 4,05 % (en augmentation), Speciosporites 2,6 % et 1,68 %, Florinites 17,5 % et 18,98 %, Lophotriletes a et a, (en diminution) Leïotriletes a.et a.(en diminution).

En même temps, on note la présence de certaines espèces comme : Planisporites kosankeï, Spinosporites spinosus, Alisporites.

Les différences enregistrées portent sur l'absence totale de Densosporites (spores cycliques pouvant faire défaut totalement à certains niveaux) et sur l'absence des Acanthotriletes. Enfin, les Spinosporites sont plus abondantes qu'à Carmaux; nous avions déjà signalé ce fait pour la couche du Mas del Bos.

2°/ Le Houiller des Vosges.

Il existe dans les Vosges plusieurs petits bassins houillers ; c'est celui de Lalaye qui nous interessera plus particulièrement.

L'étude palynologique a été effectuée sur des schistes, toujours de la même manière (histogrammes fig. 24).

Nous avons cherché parmi les nombreux résultats obtenus à Carmaux pour les schistes, s'il s'en trouvait un, présentant quelque analogie avec les schistes de Lalaye. Nous avons pu ainsi les comparer aux schistes de l'échantillon 13 de la veine G.

Nous avons reporté les résultats sur le même tableau (fig. 24).

Nous devons d'abord mettre en évidence certaines différences :

Florinites et Densosporites sont inversement représentées, mais nous savons que ceci ne donne aucun renseignement sur la stratigraphie de détail, ces spores étant des spores cycliques dont les variations sont liées au faciès.

Les Calamospora présentent également une fréquence différente mais nous avons noté que ces spores avaient des variations qui ne dépendaient ni du faciès ni de la position de la couche dans l'échelle stratigraphique.

Enfin, nous enregistrons des variations propres aux schistes : les Verrucososporites et les Laevigatosporites n'ayant plus des fréquences semblables, mais pouvant passer de spore accessoire à spore principale et de façon antagoniste dans le même échantillon.

A Lalaye les Laevigatosporites sont à 4,78% tandis que les Verrucososporites sont spores accessoires alors que pour l'échantillon G 13 de Carmaux les Verrucososporites sont à 13,8 % et les Laevigatosporites à 7,8 %. Ce caractère d'antagonisme annonce les caractères des couches de houille plus jeunes du Stéphanien C, ce qui est courant pour les schistes.

Les Punctatosporites et les Cyclogranisporites sont également bien représentées.

Enfin, nous voyons que les Florinites, les Speciososporites et les Torispora qui avec les fréquences suivantes : 30,17 %, 5,11 %, 4,95 % à Lalaye et 4,8 %, 3,2 % et 3 % pour la veine G de Carmaux donnent à la base de l'histogramme l'allure de ceux de la zone II.

De plus, l'absence des Microreticulatisporites et des Vestispora d'une part, spores présentes en zone I, et l'absence de Reinschospora magnifica, d'Alatisporites verrucosus, de Planisporites Kosankeï, de Spinosporites spinosus, d'Alisporites, de Foveolatisporites et de Latensina d'autre part (spores présentes en zone III), montrent que ces schistes ont bien la composition à caractère intermédiaire de la zone II.

3°/ Bassin de Decazeville

1/ Assise d'Auzits

Elle est située à la partie inférieure de la série de Decazeville ; nous n'avons pu avoir qu'un échantillon global (Antainagues).

Nous donnons les résultats obtenus pour cette couche (fig. 25). On peut voir qu'ils sont semblables à ceux obtenus pour les veines supérieures de Carmaux ; c'est la veine B du toit qui s'en rapproche le plus.

Nous pouvons relever les fréquences des Florinites (23,2 et 22 %), des Speciososporites (2,4 et 2,38 %) et des Torispora (3,2 et 3,62 %).

De plus, les fréquences des Laevigatosporites et des Verrucososporites se situent entre 3 et 5 % et celles des Punctatosporites autour de 20 %.

Les Acanthotriletes restent spores principales avec respectivement 2,4 % pour Decazeville et 2,38 % pour Carmaux ; on doit également signaler la présence d'Alisporites et la diminution des fréquences des Lophotriletes, Leïotriletes et Cyclogranisporites moins nombreuses que dans la zone I de Carmaux mais encore bien représentées.

2/ Assise du Banel

L'étude palynologique a été effectuée sur 32 montages réalisés à partir d'échantillons (prélèvements fractionnés) provenant de la Flaugeade et des couches 4, 3, 2, 1, du Banel Est, soit au total 15.000 spores comptées.

Histogrammes correspondants aux schistes de LALAYE (vosges) et aux schistes de la veine G, échantillon 13 (CARMAUX)

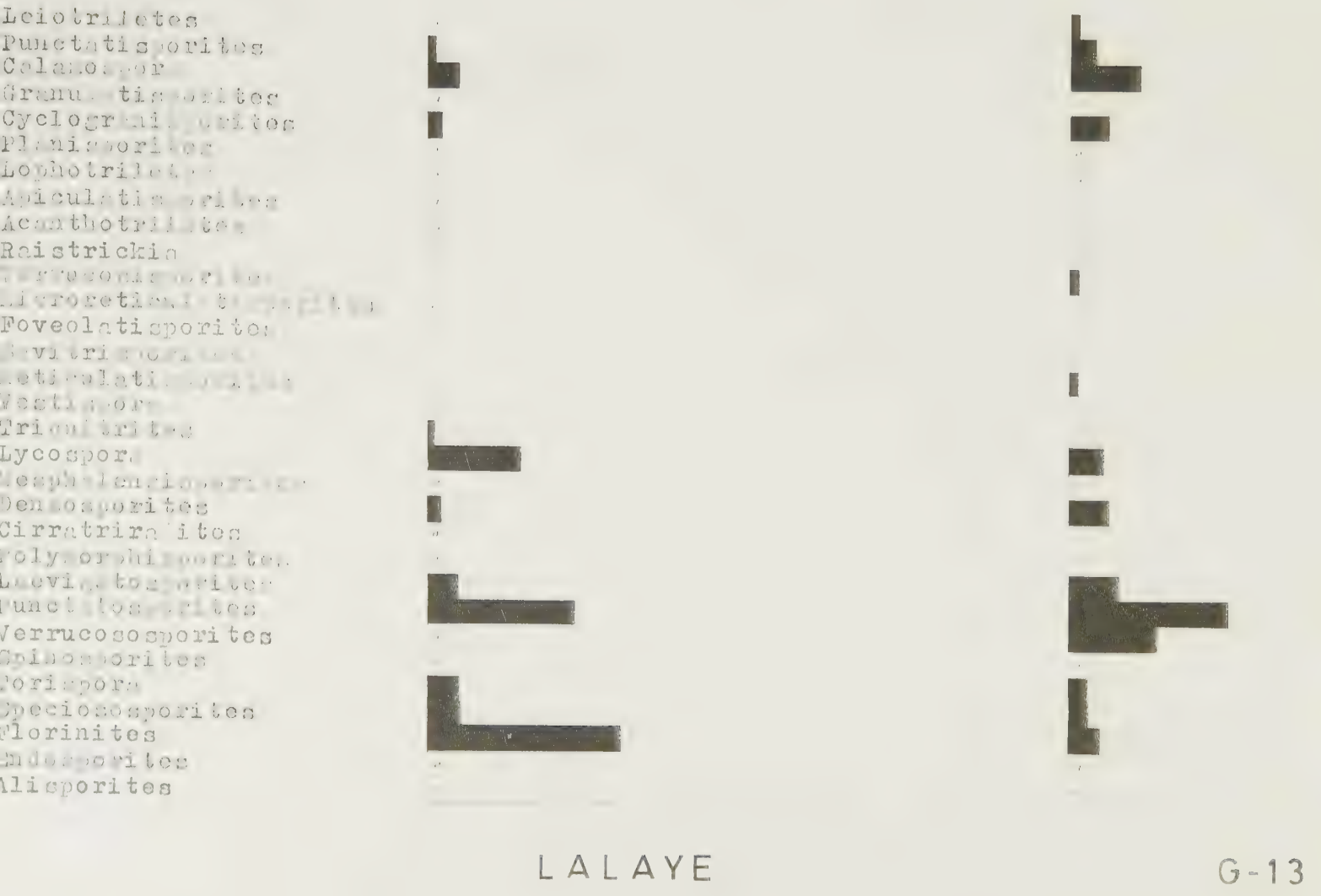


Fig. 24

Histogrammes comparés de la veine ANTAINAGUES (Assise d'Auzits, Decazeville, et de la veine B du toit (CARMAUX)

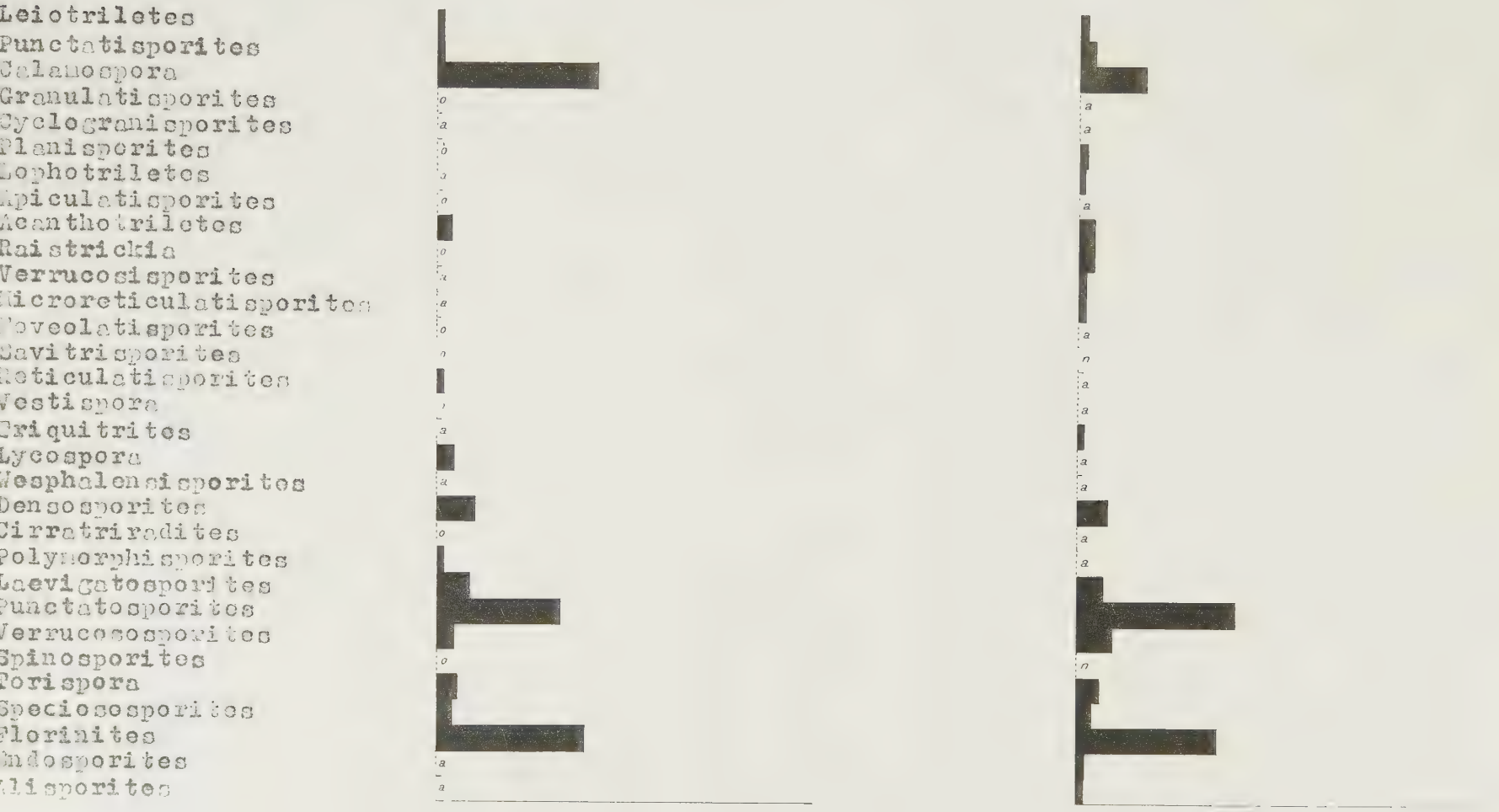


Fig.25

Les résultats sont consignés dans les histogrammes de la fig. 26.

Nous voyons que les Florinites, les Speciososporites, les Torispora, présentent dans tous les cas des fréquences relatives décroissantes ; de plus, nous devons remarquer que si les Torispora sont encore spores principales dans la moyenne, avec une fréquence de 1,40 %, très souvent elles deviennent spores accessoires (couche 2, 3, 4).

Il en est de même des variations des Laevigatosporites et des Verrucososporites ; si dans la moyenne elles ont des fréquences à peu près identiques (4,83 % et 5,08 %) dans les résultats par veine, elles sont très inégalement représentées, l'une d'elle pouvant devenir spore accessoire.

Nous avons déjà eu l'occasion, à propos des niveaux intercalaires du bassin de Carmaux, de faire observer que la disparition des Torispora et l'inégale représentation des Verrucososporites et des Laevigatosporites, sont un caractère du Stéphanien C.

Les valeurs intermédiaires des fréquences de ces spores entre le Stéphanien de la zone III et le Stéphanien C (DOUBINGER 1962) pourraient représenter les caractères d'un Stéphanien de niveau supérieur à celui de Carmaux et n'existant pas dans ce bassin.

Nous constatons aussi que d'autres spores prennent des valeurs intermédiaires : ce sont les Leïotriletes, les Lophotriletes; les Cyclogranisporites qui deviennent spores accessoires.

Les Raistrickia, les Foveolatisporites sont en voie de disparition ; les Savitrisporites ont disparu : les Lycospora sont en nette augmentation ainsi que les Lundbladispora gigantea.

3/ Assise de Campagnac

Nous avons pu étudier les montages réalisés à partir d'échantillons de couches recoupées par les sondages de Nauquières VIII et Firmy VIII, ainsi que de Soulacre et du Plan 4.

Les moyennes ont été établies sur 13 000 spores comptées pour les charbons et 2 250 pour les niveaux stériles (voir histogrammes fig. 27).

Ces histogrammes confirment et accentuent les variations annoncées par l'assise du Banel. Nous avons pour les Florinites, les Speciososporites et les Torispora des fréquences relatives décroissantes ; mais les Torispora sont spores accessoires même dans la moyenne leur nombre a franchement diminué ; de plus, les fréquences des Speciososporites, qui n'accusaient pas une baisse sensible dans l'assise du Banel, sont ici en nette diminution : 1,71 % pour l'assise de Campagnac contre 4,80 % pour l'assise du Banel.

Les Verrucososporites et les Laevigatosporites ont des fréquences très différentes même dans la moyenne (24,60 % et 11,03 %) ; de plus, dans un grand nombre d'échantillons, elles peuvent être spores accessoires ou disparaître.

Les Lophotriletes, les Leïotriletes et Cyclogranisporites sont encore en diminution, spores accessoires dans la moyenne générale, elles peuvent devenir spores négligeables dans certaines moyennes établies par veines.

L'assise de Campagnac nous a également fourni des niveaux stériles en provenance de Nauquières VIII ; les histogrammes obtenus nous ont permis d'observer les mêmes faits que pour le bassin de Carmaux : le mur présente les caractères palynologiques de la veine qu'il commence ; les niveaux stériles intercalaires ont souvent des caractères de couches plus jeunes (Stéphanien C). C'est ainsi que le schiste 12a ne possède pas de Torispora et pas de Verrucososporites ; il a par contre 14,6 % de Laevigatosporites.

Cet ensemble de faits confirme ce que nous avons déjà dit et que nous pouvons résumer en conclusion : l'assise d'Auzits présente une composition palynologique semblable à celle de la zone III de Carmaux.

L'assise du Banel et l'assise de Campagnac immédiatement supérieures à l'assise d'Auzits n'ont pas d'équivalence biostratigraphique à Carmaux.

Cependant, l'assise du Banel présente des caractères intermédiaires entre la zone III de Carmaux et l'assise de Campagnac.

4°/ Bassin de Cruéjouls

L'étude palynologique a été effectuée sur trois prises globales prélevées entre le toit et le mur de chacune des trois couches exploitées. Deux autres échantillons prélevés dans les travaux proviennent d'une zone faillée et n'ont pu être localisés avec précision. Ils pourraient provenir vraisemblablement de la couche 3.

Les résultats palynologiques exposés par la suite semblent le confirmer.

On a également soumis à l'étude palynologique plusieurs échantillons de stériles, seul un schiste bitumineux correspondant à un niveau situé au mur de la couche 3 a donné des résultats intéressants.

On a donc examiné en définitive des montages provenant d'un échantillon de stériles et de cinq échantillons de charbon, ce qui représente cinq mille spores comptées pour les charbons que nous étudierons d'abord.

Les fréquences obtenues pour les différents genres de spores permettent d'établir une comparaison intéressante entre les charbons de Cruéjouls et ceux des veines B, C, IV et V du mur de Carmaux (nous ne retiendrons que la veine C à titre d'exemple), ainsi qu'avec les fréquences moyennes obtenues pour la zone III de Carmaux. Ces fréquences sont données par les histogrammes (fig. 28) dont l'examen se révèle intéressant.

Histogrammes DECAZEVILLE - Assise du Banel - La Flaugeade et Banel Est

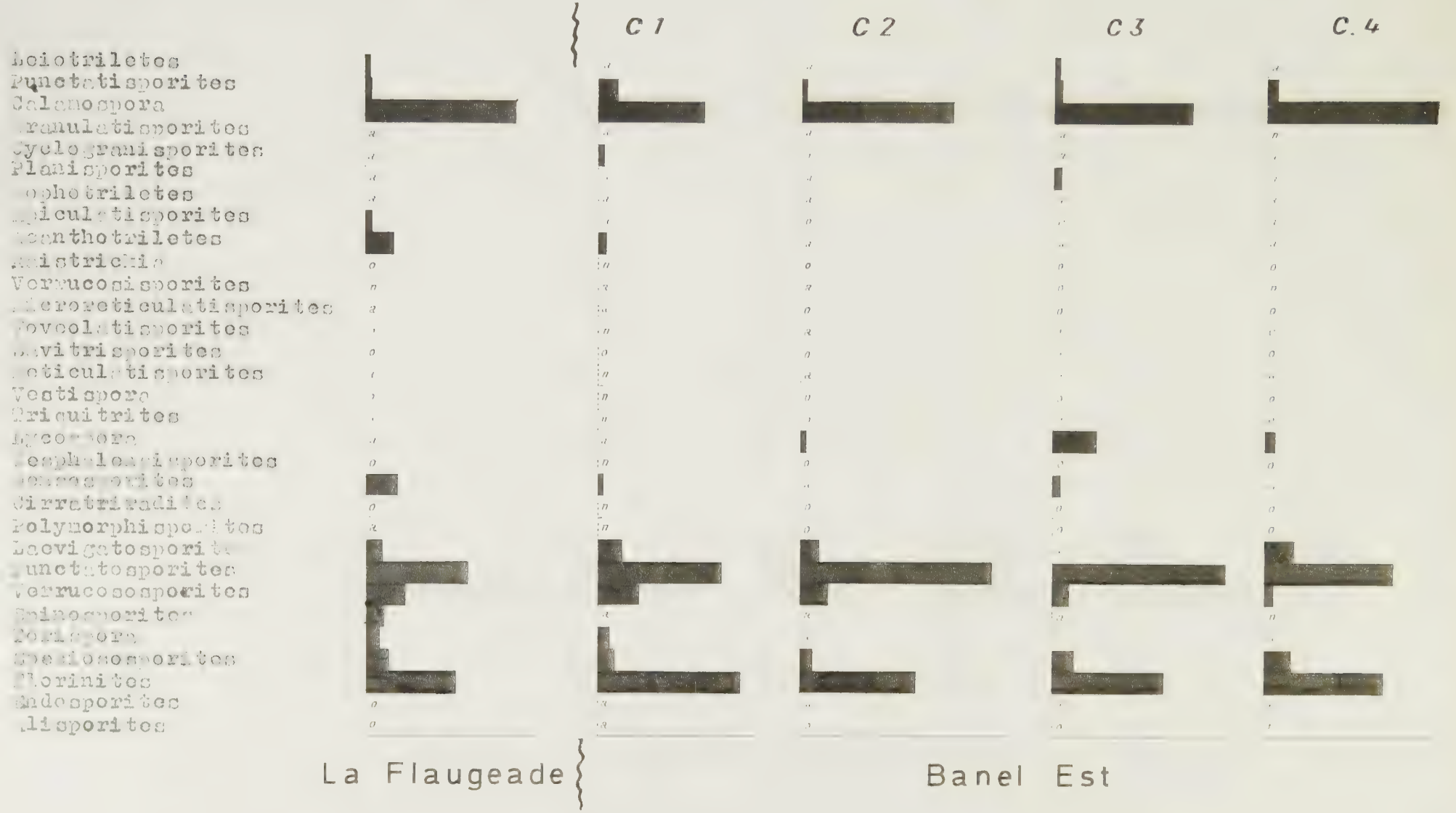
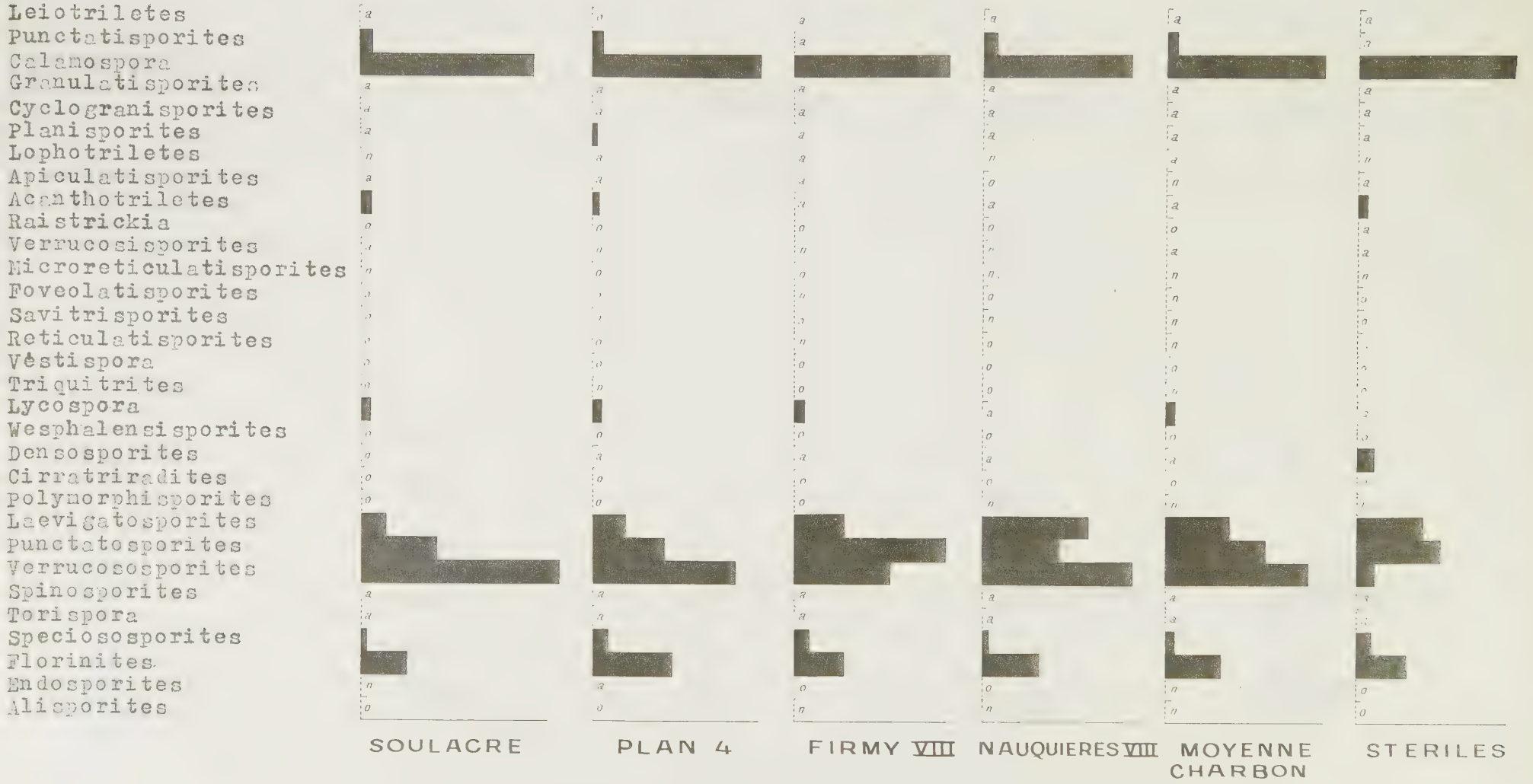


Fig. 26

Histogrammes de l'assise de CAMPAGNAC



10 %

Fig.27

Histogrammes correspondants au bassin de CRUEJOULS au bassin de CARMAUX

(Veine C et moyenne des fréquences pour la zone III, Stéphanien B)

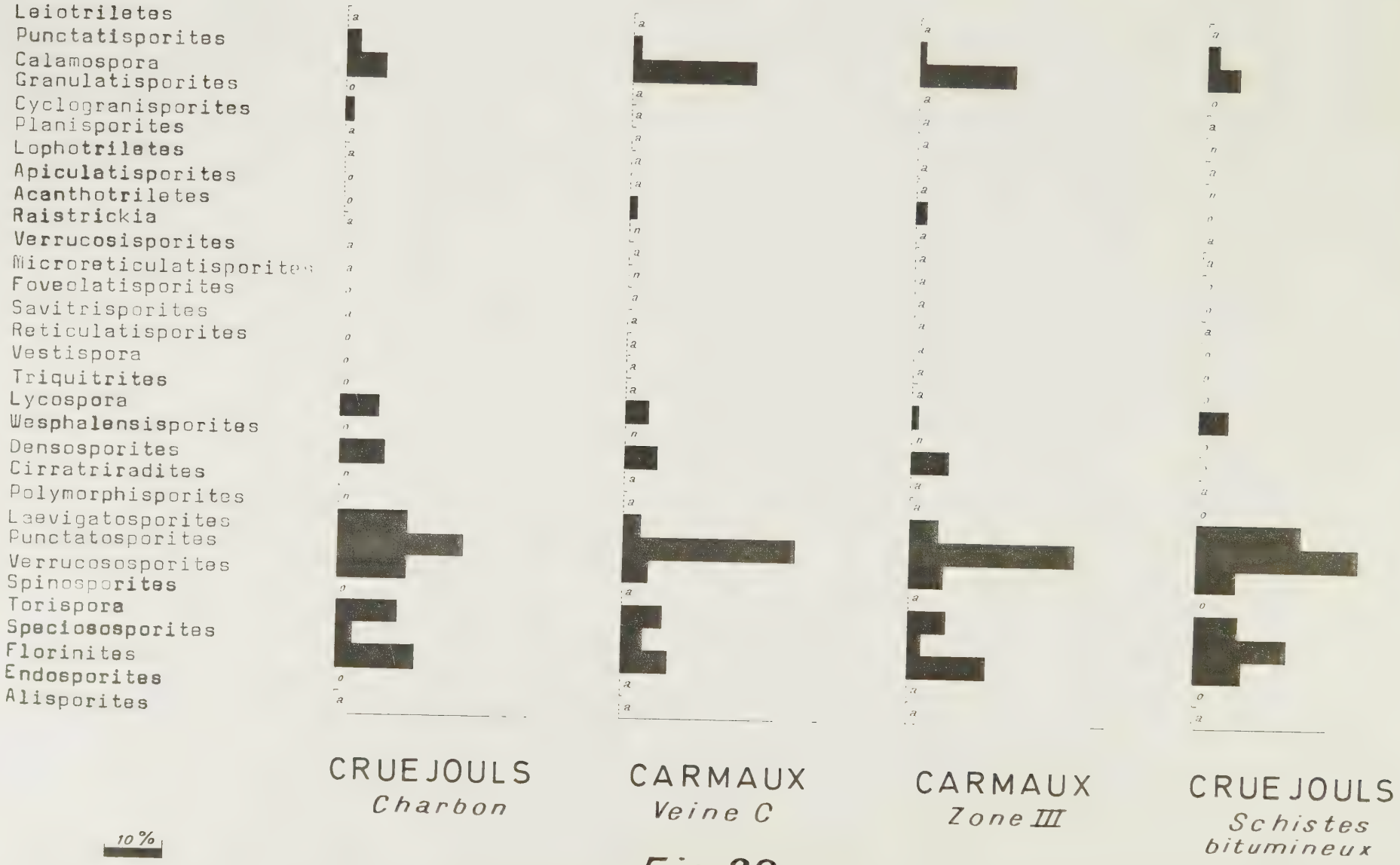


Fig. 28

Nous voyons immédiatement que nous retrouvons le profil caractéristique donné à la partie inférieure des histogrammes de la zone III de Carmaux, par les variations relatives des spores suivantes :

Torispora	10,40 %
Speciosporites	2,79 %
Florinites	13,72 %

De plus, nous retrouvons d'autres caractères palynologiques du Stéphanien B :

Torispora abondantes : 10,40 %
Leïotriletes, Lophotriletes { moins nombreuses que dans les zones I et II.

Nous pouvons aussi signaler la présence de Planisporites kosankeï et de Polymorphisporites de différentes espèces. Cependant, les fréquences des Verrucososporites (12 %) toujours sensiblement égales à celles des Laevigatosporites (11,99 %) sont en augmentation par rapport aux fréquences des mêmes spores trouvées dans les veines de Carmaux du même âge. Ce fait est peut être dû au petit nombre de prélèvements étudiés.

Seule, une connaissance plus approfondie de la série de Cruéjouls pourrait nous apprendre s'il s'agit là d'une variation due à un faciès très différent, situé au toit ou au mur de la couche, ou encore à une intercalaire, les variations des fréquences de ces spores étant étroitement liées à la nature des faciès.

Nous devons également mentionner que les Densosporites, absentes de trois préparations et spores accessoires dans la quatrième, ont été trouvées en abondance dans une cinquième : 38,21 %, ce qui montre encore le caractère de localisation de cette spore.

On peut aussi remarquer que, dans toute la série de Cruéjouls, apparaissent des formes telles que Savitrisporites camptotus, Reinschospora magnifica, Latosporites verrucosus, Lycospora gigantéa, Latensina triletoïdes, Aumancisporites striatus. Cet ensemble caractérise les couches les plus élevées de Carmaux.

Enfin, l'ensemble des caractères palynologiques présente de grandes ressemblances avec le Stéphanien du Jura (ALPERN - 1958-1959) par la fréquence des Punctatosporites (P. rotondus), des Laevigatosporites, des Verrucososporites (V. perverrucosus), des Lycospora, des Torispora (T. laevigata) et localement des Densosporites (D. major).

Quant à l'échantillon de schistes bitumineux, situé au mur de la couche 3, il nous sera difficile de le comparer à un stérile de Carmaux car il n'y a pas de formations bitumineuses à Carmaux.

Nous donnons ici les résultats trouvés pour les schistes bitumineux et en parallèle ceux des charbons de Cruéjouls.

Nous établissons cette comparaison pour savoir si, comme pour les veines du bassin de Carmaux, le mur, quelle que soit sa nature ressemble du point de vue palynologique au charbon de la même zone.

Nous pouvons constater d'après les histogrammes de la fig. 28 que les spores accessoires, négligeables ou absentes sont les mêmes. Quant aux spores principales, leurs fréquences sont à peu près semblables sauf pour les Densosporites, que nous avons vues très localisées à Cruéjouls, et les Speciososporites qui atteignent une fréquence maximum ; il faudrait étudier d'autres murs de même nature pour savoir si les fréquences des Speciososporites ont des variations liées au faciès, schistes bitumineux.

Donc, dans l'ensemble le mur présente les caractères palynologiques de la zone de charbon dont il fait partie.

5°/ Epinac les Mines

L'étude palynologique a été faite sur deux préparations différentes et porte sur 2 000 spores ; les résultats sont consignés dans les histogr.(fig. 29)

Les Florinites, les Speciososporites et les Torispora ont des fréquences relatives décroissantes, respectivement 5,69 %, 3,08 % et 0,69 %.

De plus, les Torispora sont devenues spores accessoires.

Les Verrucososporites et les Laevigatosporites sont en nombre extrêmement différent : 4,14 % et 16,77 %. Enfin, les Leïotriletes sont spores accessoires, les Acanthotriletes, les Raistrickia et les Verrucososporites, les Foveolatisporites ne sont plus représentées. Nous n'avons trouvé aucun complexe palynologique semblable dans le bassin de Carmaux, cependant nous avons déjà enregistré de tels résultats pour Decazeville et en particulier pour l'assise de Campagnac ; les résultats donnés pour la couche de Firmy VIII sont ceux qui s'en rapprochent le plus (voir fig. 29).

6°/ Bassin de Surroca (Espagne)

Ce bassin se situe dans les Pyrénées catalanes espagnoles.

Du point de vue palynologique, la houille de Surroca, très anthraciteuse, n'a pas pu être étudiée, mais des schistes gréseux ont été traités avec succès.

On a compté deux mille spores sur quatre montages différents. Les spores étaient fragmentées mais tout de même identifiables, du moins génériquement.

Nous avons obtenu les résultats traduits par les histogrammes de la fig. 30.

Histogrammes comparés d'EPINAC et de DECAZEVILLE (Assise de Firmy VIII)

Fig. 29

Histogramme correspondant aux fréquences d'un mur de grés schisteux

1% du bassin de SURROCA (ESPAGNE)

2% de la veine C du mur (CARMAUX)

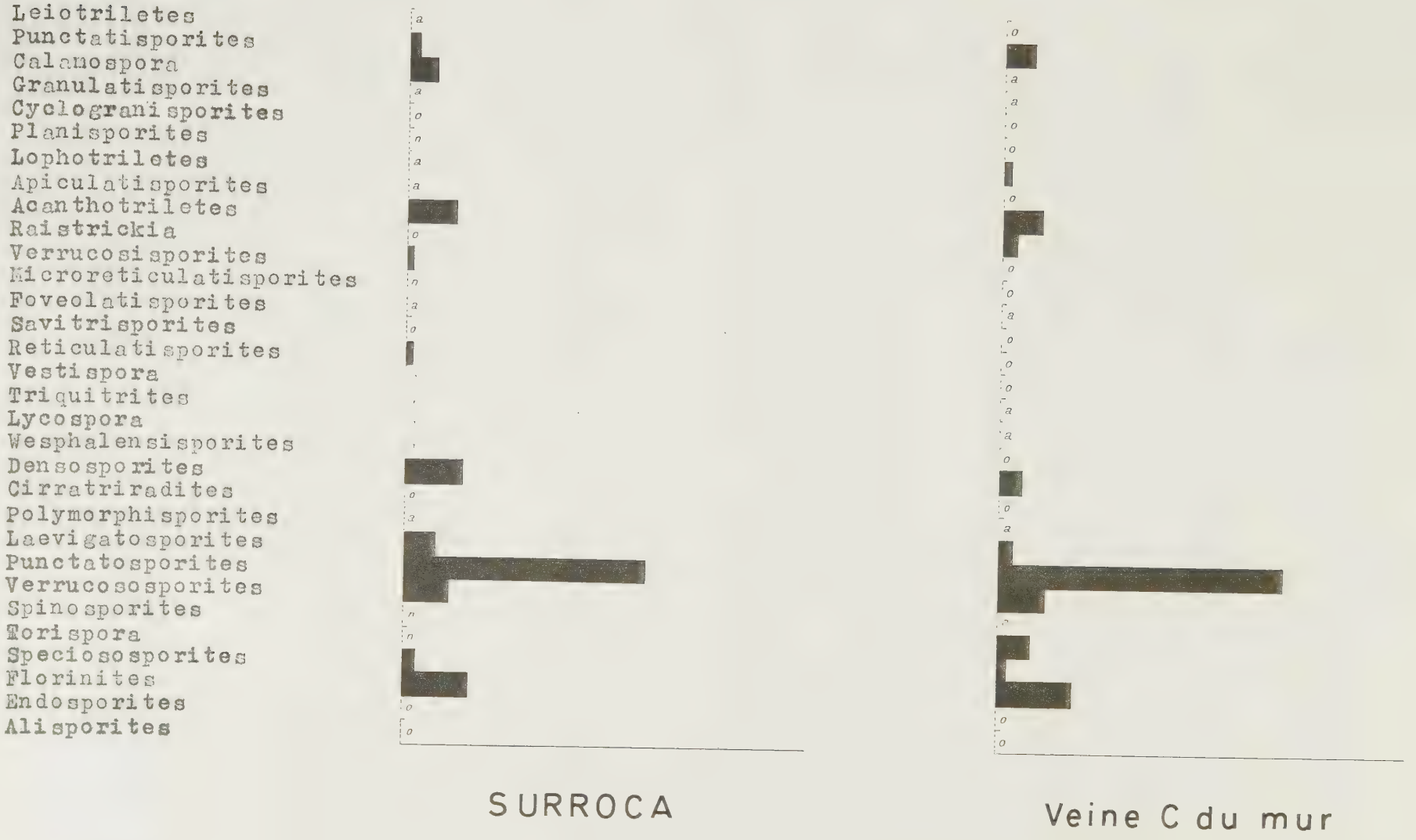


Fig. 30

Nous avons cherché parmi les nombreux résultats obtenus pour la mine de Carmaux, un mur de grès schisteux, dont les comptages ressemblent le plus possible à ceux de Surroca. Nous trouvons des résultats presque analogues pour le mur de la veine C du mur (fig. 30).

En effet, nous avons vu les grès schisteux souvent caractérisés par un maximum de Punctatosporites, ici 40,65 % et 48 %, des Florinites aux environs de 10 % et des Densosporites moins nombreuses 5 % environ.

Nous relevons également 8,2 % et 6,8 % d'Acanthotriletes, ce qui est rare pour les charbons de cette zone.

Dans les deux cas les Verrucososporites sont en plus grand nombre que les Laevigatosporites, et les Spinosporites sont comprises entre 1 et 2 %.

Enfin il y a peu de Calamospora.

Ces deux murs ont donc les mêmes caractères.

Remarque :

On note une seule différence entre les comptages présentés : l'absence des Torispora à Surroca.

Il se pourrait que cette différence provienne du petit nombre de prélèvements analysés ; il se pourrait également que ce stérile annonce des caractères de couches plus jeunes ; ce fait a souvent été observé. De plus, ces caractères sont aussi annoncés par l'inégalité des fréquences entre les Laevigatosporites et les Verrucososporites, aussi bien pour la veine de Surroca que la veine C du mur.

7°/ Bassin de la Sarre

L'étude palynologique a porté sur 3 veines et on a compté 1000 spores par veines ; les résultats ont permis de tracer les histogrammes de la fig. 31.

1/ Veine Grangeleisen

Nous avons pu comparer l'histogramme obtenu pour cette veine à l'histogramme de la veine B du toit de Carmaux.

Nous pouvons remarquer que la veine B du toit a déjà été comparée à la veine Antainagues de l'assise d'Auzits (Decazeville). Ces trois histogrammes présentent le même profil, à cause des fréquences des Florinites, des Speciososporites, des Torispora d'une part, des Laevigatosporites, des Verrucososporites et des Punctatosporites d'autre part.

Ces deux couches renferment donc une association sporologique semblable à celle de la zone III du bassin de Carmaux.

2/ Couche Wahlschied

Cette veine présente de grandes ressemblances du point de vue palynologique avec la couche de la Flaugeade (assise du Banel, Decazeville) et n'a pas de terme de comparaison dans le bassin de Carmaux.

Les histogrammes nous montrent des fréquences décroissantes pour les Florinites, les Spéciososporites et les Torispora ; de plus, les Laevigatosporites et les Verrucososporites ont des valeurs inversées.

3/ Couches de Schwalbach

Cette couche peut être comparée à la couche Firmy VIII de l'assise de Campagnac (Decazeville). Elle présente des fréquences décroissantes pour les Florinites, les Speciososporites et les Torispora ; les Torispora devenant spores accessoires, les Verrucososporites et les Laevigatosporites ayant des fréquences très différentes.

Elle se caractérise aussi par l'absence des Raistrickia, les fréquences des Acanthotriletes et des Verrucososporites, spores accessoires ou négligeables.

On ne lui trouve pas de terme de comparaison dans le bassin de Carmaux.

8°/ Bassins de la Loire
Assise de Rive de Gier

Il eut été souhaitable de comparer les complexes palynologiques de Carmaux à ceux de l'assise de Rive de Gier, ces deux gisements ayant une macroflore semblable, mais nous n'avons pas eu d'échantillons ; cependant, d'après les premiers résultats d'une étude en cours au CERCHAR (LIABEUF, DOUBINGER et ALPERN 1967), cette assise renferme un complexe à Torispora et Densosporites - Cristatisporites, sans doute voisin des complexes de certaines veines du bassin de Carmaux.

9°/ Vue d'ensemble et conclusion

Dans l'étude précédente, nous avons mis en évidence les complexes palynologiques qui existent dans des séries variées charbons ou niveaux stériles.

Nous avons très souvent retrouvé les caractères des zones biostratigraphiques du bassin de Carmaux, dans divers bassins parfois relativement éloignés.

Nous pouvons nous demander si ces résultats sont en accord avec la chronostratigraphie, le bassin de Carmaux étant pris comme base de référence.

Dans le tableau 39 nous avons superposé les divisions admises pour le Stéphanien à l'heure actuelle aux zones palynologiques correspondantes du bassin de Carmaux.

Nous avons porté en regard les séries présentant des complexes palynologiques semblables.

Nous pouvons ainsi constater que très souvent, les associations palynologiques mises en évidence placent la veine étudiée au niveau stratigraphique (Stéphanien A ou Stéphanien B) qui lui est attribué habituellement par d'autres méthodes.

HISTOGRAMMES COMPARES :

Bassin de la SARRE, de CARMAUX et de DECAZEVILLE

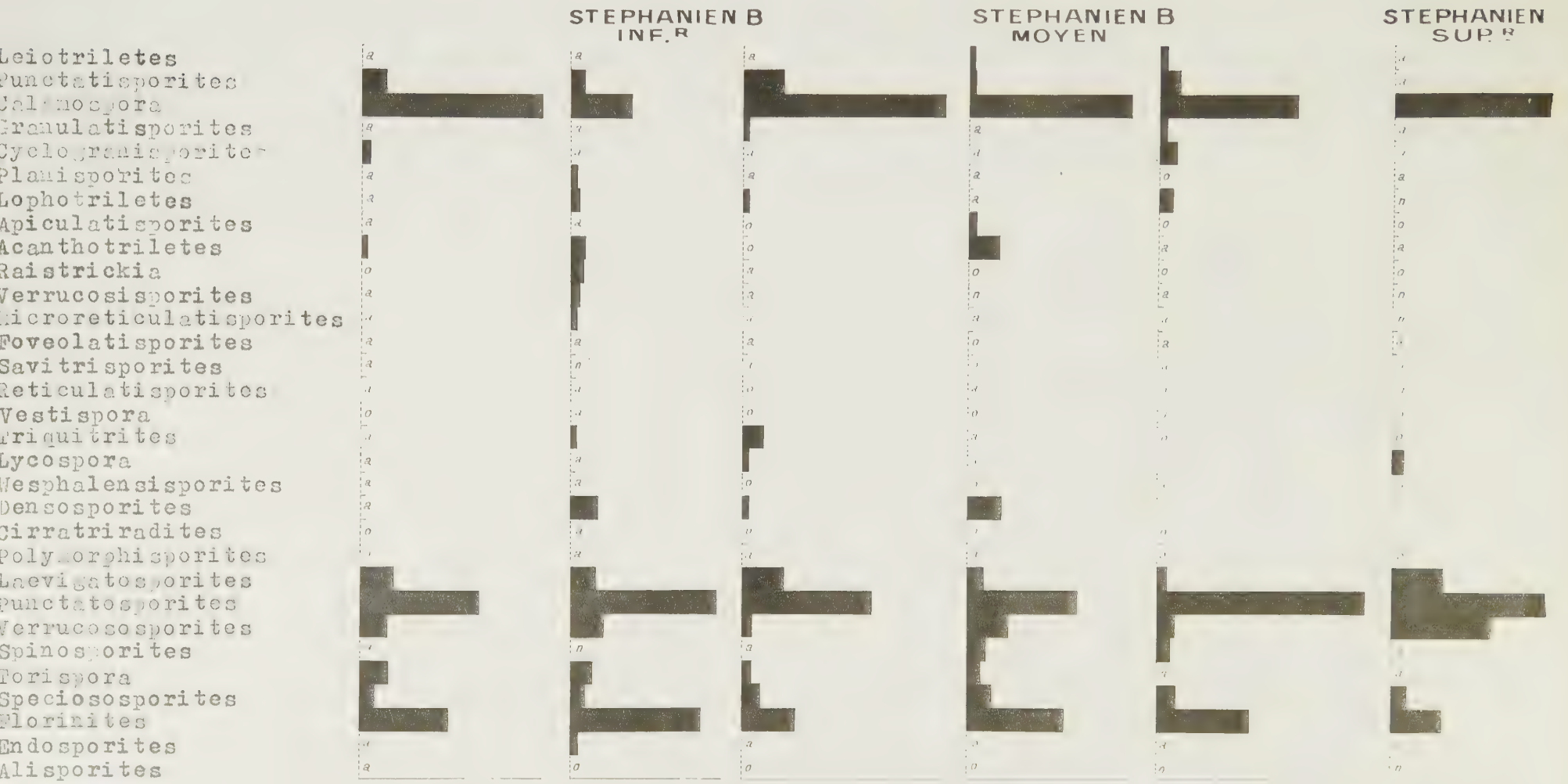


Fig. 31

Zones Palyn.	Bassin de Carmaux	Bassin de Decazeville	Autres régions
Stéph. C non étudié	Assise de Bourran (non étudiée)	Sarre	Assise de Breitenbach (non étudiée)
Stéph. B Zone III	Assise de Campagnac	Nanquière VIII Firmy VIII ch. & Sté. Plan IV et Soulacre	→ Epinac → Sarre
	Assise du Banel	Banel Est 1 2 3 4 5 La Flaugeade ----> Sarre	Veine Schwalbach Couche Wahlschied
	Limite supérieure de Carmaux		
	O		
	I		
	II		
	III		
	IV		
	A ---------->	St Perdoux	couche supérieure du Soulié
	B du toit -->	Assise d'Auzits : Antainagues --> Sarre	Veine Grangeleisen
	B	Limite inférieure de Decazeville	
	C du toit		
	C ---------->	Cruéjouls	charb. & sch. bitumineux
	C du mur ---------->	Espagne	sch. gréseux Surroca
	D du toit		
	D		
	F (type F 1)		
Zone II	F (type F 2)		
	E ---------->	St Perdoux	couche moyenne du Soulié
	G ---------->	Vosges	Région de Lalaye Schistes
Stéph. A Zone I	H		
	I < Marmottan / G.c. du toit		
	J < G.c. du mur / Marguerite ---------->	St Perdoux	couche des Ramp couche du Mas del Bos

Tableau 39 - Tableau théorique comparatif ne tenant pas compte de l'épaisseur des sédiments mais seulement des résultats palynologiques.

Parfois cependant on ne retrouve pas les résultats attendus ; pour la Sarre par exemple, la veine Grangeleisen traditionnellement placée dans le Stéphanien A, présente un complexe palynologique qui caractérise le Stéphanien B de Carmaux, ce décalage même a un intérêt, en effet, ce fait permettrait d'admettre que la partie inférieure du Stéphanien manque dans cette série de la Sarre.

Il est intéressant de noter que des études paléobotaniques ont déjà abouti à des hypothèses semblables (REMY et coll. 1965).

Donc, si dans nos essais de corrélation, les concordances permettent de confirmer des faits déjà bien établis, les divergences également ont un intérêt : elles peuvent signaler un détail passé le plus souvent inaperçu, que seule une analyse microscopique très fine pouvait mettre en évidence.

C O N C L U S I O N

L'étude palynologique du bassin de Carmaux a permis d'inventorier une microflore riche et abondante et de décrire 82 genres et 158 espèces de spores, dont 2 nouveaux genres et 15 espèces nouvelles.

L'étude statistique a porté sur plus de 400.000 spores. Elle a mis en évidence les fréquences relatives des différents genres, à partir desquelles ont été dégagées des conclusions, portant sur l'âge du bassin, la formation des dépôts, la reconstitution des aires de végétation.

Ces fréquences ont également servi à tracer des histogrammes concrétisant les complexes palynologiques caractéristiques des différentes veines, et de biozones pouvant servir de base à des corrélations.

Un histogramme moyen a montré les caractères déjà mis en évidence dans d'autres formations stéphaniennes:

Punctatosporites	30,6 %
Laevigatosporites et Verrucososporites	6 %
Florinites	15,75%
Densosporites	8 %
Calamospora	13 %
Lycospora	1 %
Speciososporites	3 %

Les histogrammes des fréquences des 18 veines étudiées ont conduit à subdiviser l'ensemble de la série, en 3 zones caractérisées chacunes par un complexe palynologique différent : (voir tableau page suivante).

ZONE I		ZONE II		ZONE III
Veines étudiées				
Carmaux Sud	Carmaux Nord	Carmaux Sud	Carmaux Nord	Carmaux Nord
Veines	Veines	Veines	Veines	Veines
Marmottan Grande couche du toit Granche couche du mur Marguerite	H I J	G —— G	E F de type F1	F de type F2 D C B A V IV III II
Fréquences habituelles des spores bien représentées				
Leiotriletes 1 %		diminution		.. a ou n
Lophotriletes 1 à 2 %		diminution		.. a ou n
Cyclogranisporites 1 à 4 %		diminution		.. a ou n
Lycospora 2 à 4 %		diminution		.. 1 %
Torispora O, a ou n		augmentation ...		.. 4 à 10 %
Acanthotriletes a		augmentation ...		.. 1,5 à 5,5 %
Densosporites 4 %		9 %		.. 6 %
Florinites 18 %		diminution		.. 13 %
Partie la plus caractéristique des histogrammes				
Torispora Speciososporites Florinites				
Spores importantes par leur présence				
Reticulatisporites Savitrisporites camptotus Vestispora		composition intermédiaire		Alatisporites Crassispora kosankei Spinosporites spinosus Alisporites Pityosporites Foveolatisporites Reinschospora magnifica Latensina triletoïdes Polymorphisporites Lundbladispora gigantea

Ces résultats, comparés à ceux de la paléobotanique, permettent de classer les zones I et II dans le Stéphanien A et la zone III dans le Stéphanien B.

Il est à remarquer que les zones I et II sont représentées dans l'ensemble du bassin, les caractères palynologiques ont en effet confirmé les corrélations établies par les tonstein de part et d'autre du "horst de Lentin". La zone III, Stéphanien B, débutant par la veine F, ne se retrouve que dans le centre et le Nord. La veine F montre plus particulièrement les caractères palynologiques de passage du Stéphanien A au Stéphanien B.

Au dessus des séries de Carmaux, les veines étudiées dans d'autres régions, Decazeville en particulier, montrent des complexes palynologiques différents (diminution progressive puis disparition des Densosporites, des Speciososporites et des Torispora).

Ce changement se situe nettement au dessus de la limite paléobotanique inférieure du Stéphanien B.

L'ensemble des séries de Carmaux et de Decazeville, qui se chevauchent sans doute en partie, représenterait un Stéphanien assez complet (tab. 39)

Les divisions en zones palynologiques ont été établies surtout à l'aide des variations des fréquences de certains genres de spores, d'autres genres au contraire, tout en restant par leurs fréquences élevées, caractéristiques pour l'étage entier, n'apportent que peu de précision pour une étude stratigraphique détaillée, car leur présence est plus particulièrement liée à certains faciès lithologiques (tableau 38).

On a pu noter par exemple dans les charbons purs, les fréquences élevées des Densosporites et leur disparition presque totale dans les charbons barrés et les schistes, alors que les Florinites sont peu représentées dans les charbons purs et très abondantes dans les schistes, les charbons barrés, les tonstein ; il en va de même pour les Punctatosporites qu'on retrouve dans ces mêmes niveaux lithologiques, sauf dans les tonstein alors que ce genre subsiste seul dans les grès schisteux. Quant aux Calamospora, on les trouve quelles que soient les conditions d'environnement.

On peut tenter d'expliquer ces faits par les affinités naturelles des spores en question, on connait en effet l'origine de certaines spores dispersées (chapitre II) : les Densosporites ont été trouvées dans les cônes de Selaginelles et de Lycopodes ; les Florinites chez les Cordaïtales, les Coniférales, les Cycadofilicales ; les Punctatosporites sont signalées chez les Marattiales ; les Calamospora sont représentées dans des groupes très variés : Calamitales, Cycadales, Lepidodendrales et Sphenophyllales.

Nous avons vu (fig. 17) que ces données sont superposables : les plantes mères des Densosporites étaient des hygrophytes se plaisant dans la zone peu profonde du bassin, celles qui donnaient des Florinites (Cordaïtales, Coniférales, Cycadofilicales) vivaient dans la zone franchement exondée et parfois éloignée du bassin, sur les pentes montagneuses et les plantes mères des Punctatosporites, Marattiales et probablement d'autres Fougères habitaient dans une zone humide, pouvant être la zone périodiquement inondée.

Par contre, les plantes mères des Calamospora (Cycadales Lepidodendrales, Calamitales, Sphenophyllales) étaient très variées et avaient des habitats divers, zone inondée, périodiquement inondée ou franchement exondée.

Ces considérations écologiques ont permis de comprendre les variations des fréquences des différents genres de spores et leurs retours périodiques en relation avec les variations plus ou moins importantes du niveau des eaux, de la subsidence, donc de l'érosion plus ou moins forte des pentes, en définitive en relation avec la nature et la provenance des sédiments transportés et déposés, c'est-à-dire avec le faciès lithologique.

Ces faits ont démontré que pendant les périodes stables, l'équilibre est atteint, la forêt sert de filtre, les sédiments extérieurs n'arrivant pas, la flore d'hygrophytes, Selaginelles et Lycopodes, prospère et il y a formation d'un charbon à Densosporites et Calamospora.

Survienne un léger mouvement de subsidence les hygrophytes sont détruites, mais le profil de l'ensemble est peu modifié, les sédiments apportés aboutiront à la formation de schistes et seront riches en Punctatosporites, Florinites et Calamospora ; suive une période d'instabilité plus grande, les plantes de la zone peu profonde disparaissent ainsi que celles de la zone périodiquement inondée ; seulesles Cordaïtales, les Coniférales, les Cycadofilicales, continuent de vivre sur les pentes plus ou moins éloignées du bassin ; il y a apport de Florinites et de Calamospora, mais l'érosion est active, une sédimentation de débris rocheux venus des zones environnantes se produit, et suivant les circonstances, l'édification d'un grès, d'un schiste ou d'un tonstein prédominera.

Pour les tonstein, les conditions favorables ne se sont trouvées réalisées que dans les veines inférieures.

Entre les périodes d'instabilité, une période plus calme amène le retour à l'équilibre, et la flore à hygrophytes peut se reformer, les conditions de formation d'un charbon pur sont atteintes.

De plus, on a constaté que les couches de sédiments intercalées entre les veines de charbon sont plus épaisses et plus détritiques dans le Sud que dans le Nord du bassin. Ce fait a été observé à plusieurs reprises lors de l'étude des variations

latérales de faciès quand les prélèvements successifs étaient faits en série, du Sud au Nord.

Il est donc vraisemblable de penser que les sédiments ont été déposés par un cours d'eau traversant le bassin du Sud au Nord avec une vitesse décroissante. Si cette interprétation est correcte, elle pourrait aussi expliquer les anomalies des apports de spores.

Cependant, les variations des fréquences de ces mêmes genres, ne dépendent pas uniquement du faciès lithologique et de l'âge des terrains ; un troisième facteur intervient, c'est la place du niveau considéré à l'intérieur du cyclothème ; les murs d'une veine ont toujours la composition palynologique de la couche de charbon qu'ils commencent, mises à part les fréquences maximum dues au faciès ; les niveaux intercalaires non charbonneux, situés dans une certaine zone palynologique présentent une composition sporologique semblable à celle de tous les niveaux non charbonneux de même nature situés dans la même zone ; mais, par rapport aux charbons, l'association palynologique de ces sédiments a souvent les caractères de complexes trouvés dans des niveaux stratigraphiques un peu plus récents.

Il en va tout autrement pour les associations de spores des toits. Chacun d'eux, étudié isolément, a un aspect original et ne présente de ressemblance ni avec les niveaux de charbon qu'il recouvre, ni avec le toit des autres veines. Ce n'est qu'en établissant des moyennes sur l'ensemble des toits d'une même zone qu'on arrive à déterminer les caractères palynologiques généraux de cet horizon.

Compte-tenu de ces remarques, on a pu comparer aux complexes sporo-polliniques, des zones palynologiques du bassin de Carmaux, des associations provenant de diverses formations attribuées au Stéphanien et situées dans d'autres régions géographiques (tableau 39). La position de ces assises a pu être ainsi précisée ou discutée, par référence à la série continue de Carmaux, dont les variations palynologiques sont connues, à présent, dans leurs moindres détails, tant pour les veines de charbon que pour les niveaux stériles, quelle que soit leur nature.

B I B L I O G R A P H I E

AGRALI B., AKYOL E., KONYALI X., CORSIN P.M., LAVEINE J.P. (1965)

Nouvelles formes de spores et pollen provenant de charbons primaires et tertiaires de divers gisements turcs.
Ann. Soc. Géol. du Nord., t. 85, p. 169, pl. 15-16.

ALPERN B. (1958)

Essai de corrélation par la palynologie, des couches de charbon stéphanien recoupées par quatre sondages dans la région de Lons-le-Saunier (Jura).
Revue de l'Industrie minérale (n° spécial) pp. 1-10, pl. 7-8-9-10.

ALPERN B. (1959)

Contribution à l'étude palynologique et pétrographique des charbons français.
Thèse. Université de Paris.

ALPERN B. (1960)

Quelques problèmes actuels de la palynologie houillère.
C.R. IV° Congrès International de stratigraphie et de géologie du Carbonifère (Heerlen 1958), t. 1, pp. 13-24.

ALPERN B. (1960)

Etude palynologique préliminaire du bassin houiller de Lorraine. Application à la corrélation des couche
Bull. Soc. Géol. Fr., 7ème série, t. 2, n° 5, pp. 527-533, pl. 11-12.

ALPERN B., GIRARDEAU J., TROLARD F. (1960)

Répartition stratigraphique de quelques microspores du Carbonifère inférieur français.
Proceed. Int. Comm. Coal. Petrology, Heerlen 10-13 sept., 1958, n° 3, pp. 173-177.

ALPERN B. (1963)

Coupe palynologique du Wesphalien du bassin houiller de Lorraine.
C.R. Acad. Sc., t. 256, pp. 5170-5172.

ALPERN B., LAMOTTE M. (1963)

Etude palynologique du Houiller de Saint-Etienne.
C.R. Acad. Sc., Paris, t. 256, pp. 4057-4059.

ALPERN B. et coll. (1964)

La stratigraphie palynologique du Stéphanien et du Permien.
C.R. V° Congrès Internat. de Stratigraphie et de Géologie du Carbonifère. Paris, 1963, t. 3, pp. 119-129.

ALPERN B., DOUBINGER J., HORTS U. (1965)

Révision du genre Torispora BALME (C.I.M.P.)
Pollen et Spores, vol. 7, n° 3, pp. 565-572, 2 pl.

ALPERN B., LIABEUF J.J. (1966)

Zonation palynologique du Bassin Houiller Lorrain.
Z. deutsch. geol. Ges. Hanover, 1965, Bd. 117, pp. 162-177.

ARTUZ S. (1967)

Die sporae dispersae der Turkischen Steinkohlen vom Zonguldak. Gebiet (Mit besonderer Beachtung der neuen Arten und Genera.
Istanbul Universitesi fen Fakultesi Mecunasi, série B, 22, pp. 239-263, pl. 1-8.

BALME B.E. (1952)

On some spore specimen from British Upper Carboniferous coals.
Geol. Mag. 89, pp. 175-184.

BARRABE L., FEYS R. (1965)

Geologie du charbon et des bassins houillers.
Masson et C^{ie}, ed. Paris.

BERGERON J. (1887)

Etude géologique du bassin de Carmaux et des environs d'Albi.
Ass. Franc. pour l'Avanc. des Sc., Congrès de Toulouse, p. 236.

BERGERON J. (1889)

Etude géologique du massif ancien situé au Sud du Plateau Central.
Thèse - Paris.

BERSIER J. (1958)

Séquences détritiques et divagations fluviales.
Eclog. Geol. Helv., 51, n° 3, pp. 853-893.

BHARDWAJ D.C. (1954)

Einige neue Sporengattungen des Saarkarbons.
N.JB Geol. Paläontol., vol. 11, pp. 512-525.

BHARDWAJ D.C. (1955)

The spore genera from the Upper Carboniferous coals of the Saar and their Value in Stratigraphical Studies.
The Paleobotanist, vol. 4, pp. 119-149, 2 pl.

BHARDWAJ D.C. et SINGH H.P. (1956)

Asterotheca Meriani (Brong.) Stur. and its spores from the upper triassic of Lunz (Austria).
The Paleobotanist, vol. 5, n° 2, pp. 51-55.

BHARDWAJ D.C. (1957a)

The palynological investigations of the Saar Coals.
Palaeontographica. Stuttgart. Bd 101, Abt B, pp. 73-125, pl. 22-31.

BHARDWAJ D.C. (1957b)

The Spore Flora of Velener Schichten (Lower Wesphalian O) in the Coal Measures.
Palaeontographica. Stuttgart. Bd 102, Abt B, pp. 110-138

BHARDWAJ D.C., VENKATACHALA B.S. (1957)

Microfloristic evidence on the Boundany betwen the Carboniferous and the Permian systems in Pfalz (W Germany).
The Paleobotanist, vol. 6, n° 1, pp. 1-11

BHARDWAJ D.C. (1958)

On Porostobus zeilleri Nathorst and its spores with remarks on the systematic position of P. Bennholdi Bode and the phylogeny of Densosporites Berry.
The Paleonbotanist, vol. 7, n° 1, pp. 67-75.

BIARD H. (1963)

Contribution à l'étude palynoplanctologique du Permo-Trias en France.
Thèse de 3ème cycle. Université de Dijon.

BONET M.C., DISKSTRA S.J. (1956)

Megasporas carboniferas de la Camocha (Gijon).
Estudios geologicos, n° 31-32, pp. 245-266, pl. 48-57.

BOUROZ A. (1940)

Faciès et massifs de végétation dans la formation houillère du Nord de la France.
Lille, Imp. Douriez-Bataille, Thèse.

BOUROZ A., CHALARD J., DOLLE P. (1953)

Extension géographique et valeur stratigraphique des niveaux de tonstein du bassin houiller du Nord de la France.
Ann. Soc. Geol. Nord., t. 73, pp. 98-141, pl. 3 et 3 bis.

BOUROZ A. (1960)

La sédimentation des séries houillères dans leur contexte paléogéographique.
C.R. 4ème Congrès Strat. géol. Carbonifère Heerlen 1958, 1, pp. 65-78.

BOUROZ A. (1962)

A propos de l'origine de l'illite.
C.R. Soc. Biogéographie, n° 335-336-337, pp. 63-73.

BOUROZ A. (1962)

Sur la pluralité d'origine des tonstein. A propos d'une cinérite oligocène du Japon.
Ann. Soc. Géol. Nord, t. 85, pp. 77-94, pl. 5-10.

BOUROZ A. (1962)

Subsidence continue et discontinue dans le houiller.
C.R. Acad. Sc., Paris, t. 254, n° 6, pp. 1116-1118.

BUTTERWORTH M.A., WILLIAMS R.W. (1954)

Description of nine species of small spores from the British Coal Measures.
Ann. mag. Nat. Hist., t. 12, pp. 753-754, pl. 17-19.

BUTTERWORTH M.A., WILLIAMS R.W. (1958)

The small spore floras of coals in the Limestone coal group and upper limestone group at the lower carboniferous of Scotland.
Transaction of the Royal Soc. of Edinburgh, vol. 63, part. 2, n° 17.

BUTTERWORTH M.A. et coll. (1964)

Microspores distribution in the Namurian and Wesphalian.
Rep. of. C.I.M.P. Working groupe n° 13. C.R. V° Congrès Inter. de Stratigraphie et de Géologie du Carbon., Paris 1963, pp. 1049-1056.

CHALARD J. (1962)

A propos de l'origine des Tonstein.
C.R. Soc. Biogéographie, n° 335-336-337, pp. 73-76.

CHALONER W.G. (1958)

A carboniferous Selaginellites with Densosporites microspores.
Paleontol. Assoc. London, vol. 1, part. 3.

CHALONER W.G. (1958)

Polysporia mirabilis Newberry a fossil Lycopod cone.
Journal. of Paleontol., vol. 32, n° 1, pp. 199-209.

DESROUSSEAUX J. (1938)

Les bassins houillers et lignifères de la France.
Mem. annexe de la statistique de l'Industrie minérale et gîtes minéraux. Paris.

DIJKSTRA S.J. (1958)

Megasporas carboniferas espanolas y su empleo en la correlacion estratigraphica.
Estudios geologicos, t. 11, n° 27-28, p. 277-354, pl. 35-45.

DOUBINGER J. (1956)

Contribution à l'étude des flores autuno-stéphaniennes.
Thèse, Paris. Mém. Soc. Géol. Fr., t. 35, n° 75, 180 p., 16 pl.

DOUBINGER J. (1956)

Présence de Pollen "monocolpates" dans un charbon du bassin de Decazeville (Aveyron).
Ann. Soc. Géol. Nord., t. 67, pp. 120-139.

DOUBINGER J. et REMY W. (1958)

Bemerkungen ueber Odontopteris subcrenulata Rost und Odontopteris lingulata GOEPPERT.
Abh. Deutsch. Akad. Wissensch., Berlin, Kl. Chem. Geol. Tech., n° 5, pp 7-14, pl. 2-5.

DOUBINGER J. et VETTER P. (1958)

Sur la flore fossile du bassin houiller de Carmaux.
C.R. Acad. Sc., t. 246, pp. 1605-1608.

DOUBINGER J. (1959)

Palynologie et Paléobotanique.
Pollen et Spores, vol. 1, n° 2, pp. 279-309.

DOUBINGER J. (1959)

Etude palynologique du Stéphanien de Saint-Perdoux (Lot)
Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, t. 94, n° 3-4, pp. 331-345.

DOUBINGER J. (1960)

Associations sporologiques de quelques gisements stéphaniens et autuniens.
Proced. Internat. Committee for Coal Petrol., Maastricht, n° 3, pp. 165-171.

DOUBINGER J. (1960)

Etude palynologique de quelques échantillons de houille du bassin d'Autun (Saône et Loire). Eduen. Bull. Trim. Soc. Hist. Nat. Autun, n° 14, pp. 4-8 et n° 15, pp. 4-8, 4 pl.

DOUBINGER J. (1962)

Caractères palynologiques du Stéphanien et de l'Autunien.
C.R. Acad. Sc. Fr., Paris, t. 255, pp. 2158-2160.

DOUBINGER J. et RAUSCHER R. (1962)

Etude palynologique de la couche Marmottan dans le bassin de Carmaux (Tarn).
Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr., t. 15, fasc. 4, pp. 179-180.

DOUBINGER J. (1962)

Observations palynologiques sur le bassin houiller de Carmaux (Tarn).
Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, t. 97, fasc. 1-2, pp. 138-154.

DOUBINGER J. (1962)

Etude palynologique de quelques échantillons de houille du Muséum d'Autun.
Eduen. Bull. Trim. Soc. Hist. Nat. Autun, n° 24, pp. 9-12.

DOUBINGER J. (1964)

Palynologische Untersuchungen an Stefankohlen von Decazeville (Frankreich).
Fortsch. Geol. Rheinld. u Westf. 12, pp. 225-234, 2 fig., 2 tabl.

DOUBINGER J., REMY R. et W. et GERHARDT H.D. (1964)

Entwurf für eine einheitliche diagnostische Beschreibung von Kutikulen.
C.I.M.P. Fortschr.Geol. Rheinld u Westf. 12, pp. 11-24, 6 pl.

DOUBINGER J., PI-RADONDY M., RAUSCHER R., VETTER P. (1965)

Les divisions stratigraphiques du terrain houiller de Carmaux (Tarn).
C.R. Acad. Sc. Fr., t. 261, pp. 3435-3436.

DUPARQUE A. (1933)

Structure microscopique des charbons du bassin houiller du Pas-de-Calais.
Mem. Soc. Géol. du Nord., t. 11.

DURAND J. (1939)

Carte géologique de France au 1/80.000e
Feuille d'Albi, n° 219, 2ème édition.

DYBOVA S. et JACHOWICZ A. (1957)

Microspores of the Upper Silesian Coal Measures.
Inst. Geol. Prague, t. 23, pp. 1-328, pl. 1-91.

ERHART H. (1956)

La génèse des sols en tant que phénomène géologique.
Masson ed. Paris.

ERHART H. (1962)

Reflexions sur la génèse des "tonstein" sur l'âge des latérites, dites carbonifères et sur l'origine des séries rouges.
C.R. Soc. de Biogéographie, n° 335-336-337, pp. 34-40.

ERHART H. (1962)

Reflexions sur les stériles intercalaires, sur les sols à Stigmaria et sur les clayats.
C.R. Soc. de Biogéographie, n° 335-336-337, pp. 21-33.

FABRE J. et FEYS R. (1962)

Reflexions sur la génèse des bassins houillers et la théorie bio-rhexistasique.
C.R. Soc. de Biogéographie, n° 335-336-337, pp. 78-87.

FOURNET DE TOSECQ P. et DOUBINGER J. (1965)

Inventaire des Mégaspores de la couche Marmottan.
Bull. Soc. Géol. France., t. 7, pp. 600-607, pl. 18-21.

GRAND E. (1904)

Aperçu historique et géologique des recherches faites dans le bassin houiller de Carmaux. Corbières et Julien ed., Albi.

GREBE H. (1962)

Zur Verbreitung der Sporen im oberen Westfal B und im Westfal C des Ruhrkarbons.
Fortschr. Geol. Rheind. u Westf., 3, 2, pp. 773-786.

GREBER Ch. (1962)

Reflexions sur la flore houillère et sur les problèmes qu'elle pose.
C.R. Soc. de Biogéographie, n° 335-336-337, pp. 88-94.

HOLLIS D. et HEDBER G. (1962)

Les zones stratigraphiques.
Bulletin B.R.G.M., n° 54, pp. 6-11.

JEKHOWSKY B. de (1958)

Méthodes d'utilisation stratigraphique des micro - fossiles organiques dans les problèmes pétroliers.
Revue de l'Inst. Fr. du Pétrole et Ann. des Combustibles liquides, vol. 13, n° 10, pp. 1391-1418.

JOSTEN K.H. (1962)

Die wichstigsten Pflanzenfossilien des Ruhrkarbons und ihre bedeutung für die Gliederung des Westfals.
Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf., 3-2, pp. 753-772.

KALIBOVA M. (1964)

Palynological Investigation of the lower Nevren seam (Lower Stephanian) in the Northern Part of the Plzen carboniferous Coal-basin. Sbornik geologicky VED. Paleontologie P-SV., 4, pp. 47-64, pl. 1-8.

KELLER-BONNET J. et DOUBINGER J. (1963)

Etude microscopique des débris végétaux du Carbonifère et des séries infrasalifères de quelques sondages sahariens.
Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr., t. 16, fasc. 4, pp. 249-259, pl. 1-2.

KOSANKE R.M. (1943)

The characteristic plant microfossils of the Pittsburgh and Pomeroy coals of Ohio.
The American Midland Naturelist. vol. 29, n° 1, pp. 119-132.

KOSANKE R.M. (1950)

Pennsylvanien spores of Illinois and their use in correlation.
State Geological Survey. Urbana, Illinois. Bull. n° 74, 128 p.

KULBICKI G. et VETTER P. (1965)

Etude des roches argileuses de quelques bassins houillers de la bordure occidentale du Massif Central.
Bull. Soc. Géol. Fr., t. 5, pp. 645-651, pl. 24.

LAMOTTE M. (1963)

Contribution à l'étude palynologique du houiller de Saint-Etienne. Application à la corrélation des couches.
Thèse 3ème cycle, Université de Paris.

LAROMIGUIERES J. (1890)

Bassin houiller de Carmaux-Albi.
Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, t. 24, pp. 69-83, pl. 1-2.

LAVEINE J.P. (1965)

Contribution à l'étude des microspores de différents niveaux du Wesphalien. Corrélations palynologiques entre les groupes d'Auchel-Bruay et de Béthune Noeux.
Ann. Soc. Géol. Nord., t. 85, pp. 129-149, pl. 10-12.

LAVEINE J.P. (1965)

Les spores de la subdivision Operculatitriletes nov. Subd.
C.R. Acad. Sc. Paris, t. 260, pp. 2556-2558.

LIABEUF J.J., DOUBINGER J., ALPERN B. (1967)

Caractères palynologiques des charbons du Stéphanien de quelques gisements français.
Revue de Micropaléontologie, vol. 10, n° 1, pp. 3-14, pl. 1.

LIENHARDT G. (1960)

Caractères généraux des tonstein du bassin stéphanien de Lons-le-Saunier (Jura).
Bull. Soc. Géol. Fr., t. 2, pp. 661-665.

LOBOZIACK S. (1965)

Identification et corrélation par les mégaspores des couches de la base du Wesph. C dans le groupe d'Auchel Brauy des H.B.N.P.C.
Ann. Soc. Géol. Nord., t. 85, pp. 251-263, pl. 22-23.

LOBOZIACK S. (1965)

Répartition stratigraphique des mégaspores des faisceaux de Six sillons et d'Ernestine (Wesph. C) dans la partie occidentale du bassin houiller du Nord de la France.
Ann. Soc. Géol. Nord., t. 85, pp. 309-318, pl. 27-28.

LOUBIERE G. (1927)

Sur la flore houillère du bassin d'Albi.
C.R. Acad. Sc., Paris, t. 185, pp. 75-77.

LUBER A.A. et WALTZ I.E. (1941)

Atlas of microspores and pollen grains of the Paleozoic of U.S.S.R.
Geol. Inst. Trans. Moscou, Leningrad (VSEIGEI) 139, 107 p., 16 pl.

MATHIEU G. (1950)

Considérations sur les climats carbonifères et l'altitude des bassins houillers.
Géol. appl. et prospection min., p. 51.

MILLER F.X. (1966)

Circlettisporites dawsonensis nov. gen. et nov. sp. from the Dawson coal of Oklahoma.
Pollen et Spores, 8, pp. 223-228.

MILLOT G. (1964)

La géologie des argiles.
Masson ed. Paris.

NAOUMOVA S.N. (1953)

Complexes sporo-polliniques du Dévonien supérieur de la plateforme russe et leur valeur stratigraphique.
Trav. Inst. Sc. Géol., vol. 143, série géol. n° 60, 154 p.

NEVES R. (1961)

Namurian plant spores from the Southern Pennines, England.
Palaeontology, t. 42, pp. 247-279, pl. 30-34.

NEVES R. (1964)

The stratigraphic significance of the small spore assemblages of the la Camocha mine, Gijon, N Spain.
C.R. V° Congrès Internat. de Strat. et de Géol. du Carbon., Paris, 1963, t. 3, pp. 1229-1238, pl. 1-3.

PEPPERS R.A. (1964)

Spores in strata of late Pennsylvanian cyclotherms in the Illinois Basin.
Illinois State Geological Survey. Urbana, Illinois. Bull. 90

PIERART P. (1956)

Quelques mégaspores contenues dans les charbons stéphaniens des bassins de Blanzy et de Decazeville.
Bull. de la Soc. belge de Paléontol. et d'Hydrol., t. 64, fasc. 3, pp. 587-599, pl. 1-6.

PI-RADONDY M. et DOUBINGER J. (1967)

Spores nouvelles du Stéphanien (Massif Central Français).
Pollen et Spores (à l'impression)

POTONIE R., IBRAHIM A. et LOOSE F. (1932)

Sporenformen aus den Flözen Agir und Bismarck des Ruhrgebietes.
N. Jb. Min. Beih. Bd. 67 B, pp. 447-452, 7 pl.

POTONIE R. et KREMP G. (1955-1956)

Die Sporae dispersae des Ruhrkarbons, Palaeontographica.
I : Bd 98 , Abt B, pp. 1-136, pl. 1-16
II : Bd 99 , Abt B, pp. 85-191, pl. 17-22
III: Bd 100 , Abt B, pp. 65-142.

POTONIE R. (1956)

Synopsis der Gattungen der Sporae dispersae.
I - Beih. Geol. Jb. 23, Hannover, pp. 31-103, 11 pl.

POTONIE R. (1958)

Synopsis der Gattungen der Sporae dispersae.
II - Beih. Geol. Jb. 31, pp. 1-114, 9 pl.

POTONIE R. (1960)

Synopsis der Gattungen der Sporae dispersae.
III - Beih. Geol. Jb. 39, pp. 1-189, 9 pl.

PRUVOST P. (1930)

Sédimentation et subsidence.
Livre jub. Soc. Géol. France. Paris, 2, pp. 545-564.

PRUVOST P. (1942)

Observations géologiques sur le gisement houiller de Carmaux.
Annexe 1 : liste des plantes fossiles de Carmaux par P. BERTRAND.
Annexe 2 : examen microscopique des roches de la base du Houiller de Carmaux par J. de LAPPARENT.
Rapport inédit, 16 p., dactyl. Archives des Houillères du Bassin d'Aquitaine. Groupe Tarn.

PRUVOST P. (1962)

La genèse des gisements houillers envisagée à la lumière de la Bio-rhexistasie.
C.R. Soc. de Biogéographie, n° 335-336-337, pp. 81-88.

RAUSCHER R. (1962)

Nature et génèse des tonstein dans les séries houillères.
D.E.S., Fac. Sc. Strasbourg.

REMY R. et W. (1956)

Durch Mazeration Fertiler Farne des Paläozoikums gewonnene Sporen.
Z. Dtsch, Akad. Wissensch., 31, n° 1-2, pp. 55-65, 3 pl.

REMY R. et W. (1961)

Sporae dispersae aus dem tierferen Autunien I.
Monatsber. Deutsch. Akad. Wissensch. Berlin, Bd 3, H9, pp. 494-502.

ROCH Ed. (1962)

A propos de l'origine des séries rouges.
C.R. Soc. de Biogéographie, n° 335-336-337, p. 76.

SAMOYLOWICH S.R. (1953)

Pollen et spores des dépôts permiens de Cherdyn et Aktybinsk (pré-Oural).
Travaux de l'Inst. Géol. du pétrole de l'U.R.S.S., Leningrad et Moscou, nouvelle série, t. 75, pp. 5-57, 17 pl.

SCHOPF J.M., WILSON L.R. et BENTALL L.R. (1944)

An annotated Synopsis of Paleozoic fossil spores and the definition of generic groups.
Illinois. Geol. Survey Rept. inv., t. 91, pp. 1-66.

SIGAL J. (1961)

Existe-t-il plusieurs stratigraphies ?
Bull. B.R.G.M. n° 51, pp. 2-5.

SIGAL J. (1964)

Une thérapeutique homéopatique en chronostratigraphie.
Bull. B.R.G.M., pp. 1-8.

SIGAL J. (1965)

Palynofaciès : un néologisme illogique et superflu
Revue de micropaléontologie, vol. 8, n° 1, pp. 59 - 60.

STAPLIN F.L. (1960)

Upper mississipian plant spores from the Golata formation, Alberta (Canada).
Paleontographica, Bd. 107, Abt B, pp. 1-40, pl. 1-8.

STAPLIN F.L. et JANSONIUS J. (1964)

Elucidation of some paleozoïc Densospores.
Paleontographica, Bd 114, Abt B, pp. 95-117, pl. 18-21.

STERZEL J.T. (1907)

Die Karbon und Rothiegendfloren im Grossherzogtums. Baden. Mitt. Grossh Bad. Geol. Lande Saust, 2, pp. 347-892, pl. 14-18.

SULLIVAN H.J. (1958)

The microspores genus Simozonotriletes.
Paleontol., t. 1-2, pp. 125-138, pl. 26-28.

TSCHUDY R.H. et KOSANKE M. (1966)

Early permian Vesiculatae pollen from Texas U.S.A.
The Paleonbotanist, vol. 5, n° 1-2, pp. 59-71.

THIEBAUT J. et VETTER P. (1960)

Les amplibolites du bassin houiller de Carmaux.
Bull. Soc. d'Histoire Nat. de Toulouse, t. 95, pp. 181-191.

UPSHAW C.F. et HEDLUND R. (1967)

Microspores from the Upper part of the Coffeyville formation (Pennsylvanian, Missourian) Tulsa, County, Oklahoma.
Pollen et Spores, vol. 9, pp. 143-148, pl. 1-6.

VANDERBERGUE A. (1961)

Contribution à la recherche d'une limite entre le Stéphanien et l'Autunien.
C.R. Acad. Sc., 252, pp. 1172-1174.

VENKATACHALA B.S. (1961-1962)

On some new spore genera from the upper carboniferous coals of Lothringen-Saar-Pfalz Basin.
The Paleobotanist., vol. 11, n° 1-2, pp. 38-42, pl. 1.

VETTER P. (1960)

Sur quelques propriétés physico-chimiques des constituants de la houille.
Proceedings of the international Committee for coal Petrology, n° 3, pp. 85-90.

VETTER P. (1962)

Les niveaux repères dans le bassin de Carmaux : (gores et tonstein).
Ann. Soc. Géol. du Nord., t. 82, pp. 161-171.

VETTER P. (1963)

Le bassin de Decazeville.
V° Congrès Intern. de Strat. et de Géol. du Carbon., t. I, voyage d'étude n° 4, pp. 65-77.

WICHER C.A. (1934)

Sporenformen der Flammkohle des Ruhrgebgetes.
Arb. Inst. Paleobot. Petrogr., 4, pp. 165-212.

WILSON L.R., COE E.A. (1940)

Descriptions of some unassigned plant microfossils from the Des Moines series of Iowa.
Amer. Midl. Nat., 23, pp. 182-186.

WILSON L.R. et HOFFMEISTER W.S. (1956)

Plant microfossils of the Croweburg Coal in Oklahoma.
Oklahoma geological Survey, Circular, 32, Norman, Oklahoma.

WILSON L.R. et VENKATACHALA B.S. (1963)

An Emendation Vestispora WILSON and HOFFMEISTER, 1956.
Oklahoma geology, Notes, vol. 23, n° 4, avril 1963, pp. 94-100.

WILSON L.R. et VENKATACHALA B.S. (1967)

Circlettisporites MILLER, 1966, a synonym of Leschikisporis POTONIE, 1958.
Pollen et Spores, vol. 9, n° 2, pp. 363-365.

WINSLOW M.R. (1959)

Upper Mississipian and Pensylvanian megaspores and other plant microfossils from Illinois.
Illinois State geological Survey, Bull. 86, Urbana, Illinois.

ZEILLER R. (1894)

Notes sur la flore des couches permiennes de Triembach (Alsace).
Bull. Soc. Géol. Fr., III, série 22, pp. 163-182, pl. 8-9.

ZERNDT J. (1934)

Les mégaspores du bassin houiller polonais.
1ère partie Bull. Acad. Pol. Sc. Lett., trav. geol., n° 1.

F I G U R E S

Fig.

1 - Bassin houiller de Carmaux. Carte et Plan d'ensemble.

2 - Bassin de Carmaux. Coupes stratigraphiques et corrélations.

3 - Veine C. Région 3. Siège de Sainte Marie . Position des échantillons prélevés.

4 - Veine C. Région 3, Siège de Sainte Marie. Histogrammes des prélèvements successifs et continus. Histogrammes par sillons et histogramme moyen. (2 figures)

5 - Histogrammes de la veine E.

6 - Histogrammes moyens par veine Carmaux Nord. (2 figures)

7 - Histogrammes moyens par veine Carmaux Sud.

8 - Moyenne des fréquences par zone (histogrammes)

9 - Veine F - Passage de la zone II à la zone III. (Histogrammes)

10 - Limite des zones au niveau de la veine F. (zones palynologiques II et III)

11 - Coupe schématique et théorique de la veine IV.

12 - Histogrammes correspondants aux différents prélèvements de la veine IV (moyennes, sillon du mur et sillon du toit).

13 - Coupe schématique et théorique de la veine A.

14 - Veine A. Histogrammes de deux prélèvements établis par sillons.

15 - Coupe schématique et théorique de la veine C.

16 - Veine C. Histogrammes par sillon.

17 - Zone de croissance des plantes mères des spores dont l'abondance est liée au faciès.

18 - Histogrammes correspondant aux murs des principales veines.

19 - Histogrammes donnés par les échantillons provenant de niveaux stériles - Schistes et carbonate de fer.

19 - Suite - Tonstein - grès.

20 - Histogrammes des toits (détail) Carmaux Nord et Carmaux Sud. (2 figures)

21 - Histogrammes moyens des murs de charbons et des toits, histogrammes par zones toits et murs (charbons fig. 8).

22 - Situation géographique des bassins étudiés.

23 - Histogrammes comparés : St Perdoux, Carmaux.

24 - Histogrammes schistes de lalaye et schistes de la veine G, échantillon 13 Carmaux.

25 - Histogrammes comparés de la veine Antainagues (Assise d'Auzit, Decazeville) et de la veine B du toit (Carmaux).

26 - Histogrammes Decazeville. Assise du Banel : la Flaugeade et Banel Est.

27 - Histogrammes de l'assise de Campagnac, Soulacre, Plan 4, Firmy VIII, Nauquières VIII, moyenne charbon, stériles.

28 - Histogrammes comparés bassin de Cruéjouls et de Carmaux (veine C et moyenne zone III) charbon Cruéjouls schistes bitumineux.

29 - Histogrammes comparés d'Epinac les Mines et de Decazeville (Firmy VIII).

30 - Histogrammes comparés de Surroca (Espagne) et de la veine C du mur (Carmaux) correspondant à un mur de grès schisteux.

31 - Histogrammes comparés (bassin de la Sarre, de Carmaux et de Decazeville).

T A B L E A U X

N°		Pages
1 -	Détail des veines étudiées (Carmaux Nord)	88
	Suite	89
2 -	Détail des veines étudiées. Siège de Cagnac (Carmaux Sud)	90
3 -	Variations des fréquences des principaux genres de spores (Carmaux Nord)	93
4 -	Variations des fréquences des principaux genres de spores, (Cagnac)	94
5 -	Variations des fréquences des principaux genres de spores au niveau de la veine F	100
6 -	Variations des fréquences des Densosporites et des Florinites au niveau de la veine Grande couche du toit (Cagnac)	104
7 -	Variations des fréquences des genres de spores servant à délimiter les sillons, au niveau de la veine IV, Cx IV_2 (Grillatié), détail	104
8 -	" " " moyenne par sillon	104
9 -	Variations des fréquences des genres de spores servant à délimiter les sillons au niveau de la veine B du toit (Tronquié) détail	106
10 -	" " " moyenne par sillon	106
11 -	Variations des fréquences des genres de spores servant à délimiter les sillons au niveau de la veine A Cx A_1 (Tronquié) détail	107
12 -	" " " moyenne par sillon	107
13 -	Variations des fréquences des genres de spores servant à délimiter les sillons au niveau de la veine Marmottan Cx M_5 (Cagnac), détail	109
14 -	" " " moyenne par sillon	109

N° Pages

15 - Variations des fréquences des genres de spores servant à délimiter les sillons au niveau de la veine G (Tronquié). détail 110

16 - " " " moyenne par sillon 110

17 - Fréquences maximum, genre Florinites dans les charbons 113

18 - Fréquences minimum, genre Florinites dans les charbons 114

19 - Fréquences maximum, genre Densosporites dans les charbons 114

20 - Fréquences minimum, genre Densosporites dans les charbons 115

21 - Fréquences maximum, genre Punctatosporites dans les charbons 116

Suite 117

22 - Fréquences minimum, genre Punctatosporites dans les charbons 118

23 - Fréquences maximum, genre Calamospora dans les charbons 119

24 - Fréquences minimum, genre Calamospora dans les charbons 119

25 - Récapitulation des faciès liés à des fréquences maximum ou minimum pour les genre Florinites, Densosporites, Punctatosporites, Calamospora dans les charbons 120

26 - Comparaison des fréquences des différents genres de spores sur échantillon de charbon (maximum accusé et d'un échantillon de charbon présentant des maximum pour certaines fréquences 121

Suite 122

27 - Fréquences maximum, genre Florinites dans les niveaux stériles 123

Suite 124

N° Pages

28 - Fréquences maximum, genre Densosporites dans les niveaux stériles 125

29 - Fréquences maximum, genre Punctatosporites dans les niveaux stériles 125

Suite 126

30 - Fréquences maximum, genre Calamospora dans les niveaux stériles 127

31 - Fréquences maximum, genre Lycospora dans les niveaux stériles 128

32 - Fréquences maximum, genre Torispora dans les niveaux stériles 129

33 - Fréquences maximum, genre Verrucososporites dans les niveaux stériles 129

34 - Fréquences des genres Calamospora, Densosporites, Punctatosporites, Florinites dans les niveaux stériles ou aucun genre de spore n'atteint des fréquences élevées 130

35 - Variations horizontales. Veine IV 133

36 - Variations horizontales. Veine A 135

Suite 136

37 - Variations horizontales. Veine C 137

38 - Conditions favorisant des fréquences élevées pour certains genres de spores 138

Suite 139

39 - Tableau théorique comparatif : Carmaux et bassins houillers divers 159

Imprimerie C.S.U. PERPIGNAN

Permis d'imprimer